Aus der Universitätsnervenklinik und Poliklinik Würzburg

Direktor: Prof. Dr. O. Schrappe

ZUM NACHWEIS EINER SEKUNDENPERIODIK DER PSYCHISCHEN LEISTUNG BEIM MENSCHEN

Untersuchungen der einfachen und kombinierten Reaktionszeiten

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Wilhelm Schmidt

aus Melsungen

Würzburg, den 25. Mai 1980

Aus der Universitätsnervenklinik und Poliklinik Würzburg

Direktor: Prof. Dr. O. Schrappe

ZUM NACHWEIS EINER SEKUNDENPERIODIK DER PSYCHISCHEN LEISTUNG BEIM MENSCHEN

Untersuchungen der einfachen und kombinierten Reaktionszeiten

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Wilhelm Schmidt

aus Melsungen

Würzburg, den 25. Mai 1980

Referent: Univ.-Doz. Dr. med. Dr. phil. U.J. JOVANOVIĆ

Korreferent: Prof. Dr. med. O. SCHRAPPE

Dekan: Prof. Dr. med. K.-H. WULF

Tag der mündlichen Prüfung: 25.11.1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

INHALTSVERZEICHNIS

A. EINLEITUNG SEITE

I. DIE ERFORSCHUNG BIORHYTHMISCHER VORGÄNGE IM WANDEL DER ZEIT 1

1. Geschichtlicher Abriß der wichtigsten Erkenntnisse der Biorhythmusforschung 1

II. DARSTELLUNG VON STRUKTUR UND BEDEUTUNG DER CHRONOBIOLOGIE

1. Einführung in die spezielle chronobiologische Terminologie 5

2. Bestimmte Erkrankungen des Menschen unter biorhythmischen Aspekten 7

3. Bedeutung der Ergebnisse moderner Rhythmusforschung für den Menschen 8

B. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

I. METHODIK

1. Problemstellung 10

2. Versuchsplanung 10

a) Auswahl der Probanden 10

b) Auswahl des Untersuchungsortes 11

c) Festlegung der Testdauer 12

3. Beschreibung der Hilfsmittel zur Erfassung der psychischen und physischen Parameter SEITE 14

a) Erhebung des psychischen Status 14
b) Erhebung der physischen Befunde 19
c) Das Elektroencephalogramm 19
d) Das Wiener Reaktionsgerät 20

4. Versuchsdurchführung

a) Bildung einer Kontrollgruppe durch Gabe eines Präparates 23
b) Darstellung des Untersuchungsablaufes 24

5. Grundsätzliches zur statistischen Aufarbeitung der erhobenen Daten

a) Getrennte Berechnung der Einzelkollektive 27
b) Normalitätsprüfung und Wahrscheinlichkeitsniveau 29
c) Auflistung der benutzten mathematisch-statistischen Verfahren 29
d) Auswertung der psychischen und somatischen Untersuchungsbefunde 29

6. Darstellungsweise der Reaktionszeiten (RZ) generell 32

II. ERGEBNISSE

a) Statistischer Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Farb-Tests (F) 32
b) Statistischer Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Ton-Tests (T) 33
c) Statistischer Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Farb-Farb-Tests (FF) 33

	SEITE
d) Statistischer Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Farb-Ton-Tests (FT)	34
e) Statistischer Vergleich aller Einzeluntersuchungen, Versuchstage und Gruppen des Gesamtkollektives miteinander	34
2. Beschreibung und Darstellung der Reaktionszeiten (RZ) speziell	35
a) Einzelwerte (EW), Mittelwerte (MW) und Streuung (s) der Farb-Farb-Tests (FF-Test)	37
3. Erläuterung der Leistungskurven	42
a) Konstanter Leistungstyp (KL)	44
b) Inkonstanter Leistungstyp (IL)	45
c) Einfluß der Testzeiten auf die Gesamtleistung der Versuchspersonen	50
4. Nachweis und Analyse von Periodizitäten in den Reaktionszeiten (RZ)	50
a) Ausprägung und Verlauf der analysierten Frequenzen in den Spektren der Einzeluntersuchungen	54
b) Darstellung von Einzeluntersuchungen mit deutlicher Periodik	66
c) Ergebnisse der gemittelten und gemittelt-integrierten Spektren der Farb-Farb-Tests	70
d) Einfluß des Leistungstyps auf die gemittelten und gemittelt-integrierten Spektren der Farb-Farb-Tests	73
5. Häufigkeitsverteilung der dominanten Frequenz im FF-Test	76
6. Berechnung der im FF-Test dominanten Frequenz	79

7. Graphische Darstellung der Sekundenperiodik — SEITE 80

8. Mono- und Kombinationstests ohne nachgewiesene Sekundenperiodik — 83

a) Gemittelte und gemittelt-integrierte Spektren der Farb-Tests — 83

b) Gemittelte und gemittelt-integrierte Spektren der Ton-Tests — 85

c) Gemittelte und gemittelt-integrierte Spektren der Farb-Ton-Tests — 87

C. DISKUSSION — 89

D. ZUSAMMENFASSUNG — 101

E. ANHANG

1. Tabellarische Darstellung der Ergebnisse — 106

F. LITERATURVERZEICHNIS — 118

A. EINLEITUNG

I. DIE ERFORSCHUNG BIORHYTHMISCHER VORGÄNGE IM WANDEL DER ZEIT

Die Bedeutung periodischer Vorgänge in der belebten Natur für die verschiedensten Organismen wurde schon sehr früh erkannt. Die ersten beschriebenen Beobachtungen bezogen sich überwiegend auf astronomische Gegebenheiten, deren Interpretation eher mythologisch als wissenschaftlich war. Besonders der rhythmische Wechsel der Jahreszeiten und die Regelmäßigkeit der Tag-Nacht-Schwankungen mit den weitreichenden Konsequenzen für die verschiedenen Species waren immer wieder Gegenstand alter Überlieferungen. Die Aufdeckung chronobiologischer Zusammenhänge und Regeln hatte ihren ersten Schwerpunkt in der Antike. So sind heute in der Literatur differenzierte Beschreibungen gewisser Biorhythmen bei Pflanzen, Tieren und Menschen in dem philosophischen Gedankengut dieser Zeit zu finden. Bei dem Verfolgen der Arbeiten zu diesem Themenkreis war festzustellen, daß über das Mittelalter hinaus bis zum Ende des 18. Jahrhunderts die periodischen Abläufe in der Regel nur für globale physiologische Prozesse beachtet und registriert wurden, deren Darstellung noch keinen direkten wissenschaftlichen Charakter erkennen ließ. Erst seit Beginn des 19. Jahrhunderts lagen genauere Untersuchungen von periodischen Änderungen bestimmter Körperteilfunktionen bei gesunden Menschen vor (KEIL 1976, LANGE 1888, LEHMANN 1953, MORUZZI 1949, 1972, VOSS 1899).

Geschichtlicher Abriß der wichtigsten Erkenntnisse der Biorhythmusforschung

AUTENRIETH beschrieb bereits im Jahre 1801 einen festen Zusammenhang zwischen der Änderung von Puls- und Atemfrequenz und dem Tag-Nacht-Rhythmus.
GIERSE (1842) hatte über eine lange Zeit Körpertemperatur-

schwankungen im Selbstversuch beobachtet und den Tagesgang sehr detailliert beschrieben.
In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erschienen dann auch die ersten Arbeiten zur Darstellung von periodischen Schwankungen der psychischen Leistung. Die Untersuchungen zu diesen Problemen nahmen jetzt immer stärker einen experimentellen Charakter an. In dieser Zeit hatte sich auch eine gewisse Aufteilung in der chronobiologischen Forschung ergeben. Auf der einen Seite die physiologischen und neuroanatomischen Bereiche, die innerhalb ihrer Fachgebiete eine große Anzahl von biorhythmischen Prozessen und Strukturen, die für die Steuerung verantwortlich sind, finden konnten. Auf der anderen Seite zeichneten sich die Resultate aus der Erforschung psychophysischer Rhythmen eher bescheiden aus.
Es gibt für die verzögerte Entwicklung sicher einige gute Gründe, deren Besprechung unten gesondert vorgenommen wird.
Im Jahre 1888 erschienen eine Reihe von Arbeiten, die sich mit der Aufnahme von Reizen durch die verschiedenen Sinnesorgane, mit der Aufmerksamkeit und der aktiven Apperzeption beschäftigten. GLASS (1888) wies nach, daß beim Abschätzen von Zeitabständen periodische Schwankungen auftraten, die eine spezifische Eigenschaft des Zeitsinns zu sein schienen. Nikolai LANGE (1888) stellte an den Anfang seiner Abhandlung alltägliche Beobachtungen über die Bewertung der verschiedensten Sinneseindrücke. Seiner Meinung nach konnte der Stellenwert eines Reizes im Bewußtsein und Gedächtnis einmal durch die eigene Intensität des Eindrucks bestimmt werden, dies gelte besonders für starke Reize, zum anderen, bei schwachen Empfindungen, konnte durch einen besonderen aktiven Grad an Aufmerksamkeit eine höhere Wertigkeit erreicht werden. Der Autor folgerte weiter, daß das Maß an Aufmerksamkeit oder Vigilanz von sehr komplexen psychischen Vorgängen sowie Hemmungs- und Bahnungsmechanismen abhängig wäre, deren Aufklärung noch erfolgen müßte.
Derselbe Autor untersuchte die rhythmischen Schwankungen der minimalen optischen, akustischen und taktilen Empfindungen

und kam zu dem Ergebnis, daß bei schwachen Reizeindrücken, die mit größter Aufmerksamkeit registriert wurden, auffällige Periodizitäten auftraten, die ihren Ursprung nicht in den peripheren Reizaufnahme- und Reizleitungsorganen haben konnten, sondern allem Anschein nach zentralnervöser Herkunft sein mußten. Experimentell wies der Forscher, zuerst mit Hilfe des Hipp`schen Chronoskops und später mit dem Wundt`schen Chronographen eine Periodik in der Änderung der sinnlichen Aufmerksamkeit nach. LANGE zog aus seinen Ergebnissen drei wichtige Schlüsse, die wegen ihrer Allgemeingültigkeit und dem Bezug zu neueren Arbeiten hier zitiert werden sollen:

- Die Schwankung der Aufmerksamkeit ist eine allgemeine Erscheinung für die verschiedensten Arten von Empfindungen; (optisch, akustisch, taktil).
- Die Schwankungen sind für die verschiedenen Empfindungen unterschiedlich groß;
- Die Schwankungen sind bei jeder Art der Empfindungen ziemlich konstant.

ARPS und KLEMM (1909) erforschten den Verlauf der Aufmerksamkeit bei rhythmisch verabfolgten akustischen Reizen und konnten so experimentell nachweisen, daß die Aufmerksamkeit auch dynamische Komponenten besitzt, wodurch ein optimales Vigilanzniveau auf einen festen Reizrhythmus erreicht werden kann.
Es wurden nicht nur biorhythmische Verhalten einzelner Sinnesorgane, deren Bahnen und Projektionsfelder untersucht, sondern auch komplexere psychische Leistungen unter dieser Fragestellung bearbeitet. Georg von VOSS (1899) publizierte hierzu eine große Arbeit mit dem Titel: "Über die Schwankungen der geistigen Arbeitsleistung". Im ersten, theoretischen Teil, stellte er Überlegungen über die Einflüsse an, die zu Schwankungen der geistigen Leistung führen könnten. Im zweiten, experimentellen Teil, machte er zu der Schwankungsdauer Versuche, deren Ergebnisse hier kurz zusammengefaßt werden sollen.
Die Beschreibung der periodozitätsüberdeckenden Einflüsse, die auch für unsere Untersuchungen von Bedeutung sind, werden

weiter unten noch ausführlich dargestellt.
V. VOSS ließ vier Versuchspersonen (Vpn) einfache Additionen ausführen und registrierte die Zeit, die für jede Addition benötigt wurde. Die Versuche wurden sehr oft wiederholt und die ermittelten Zeiten in speziellen Tabellen festgehalten, sodaß am Ende der Untersuchungsserie eine große Anzahl von Daten zur Berechnung zur Verfügung stand. Der Autor konnte zeigen, daß eine Verkürzung der Additionszeiten und damit eine Verbesserung der Arbeitsleistung durch Übung eintrat. Waren die Probanden jedoch ermüdet wurden die Arbeitsleistungen allgemein schlechter und es fielen lange Rechenzeiten auf, die jedoch durch individuellen Antrieb stark verkürzt werden konnten. Es traten bestimmte Additionszeiten überzufällig gehäuft auf, deren Länge zwischen den Extremen lag. Anhand dieser Additionszeiten konnte gezeigt werden, daß periodische Schwankungen konstanter Dauer bei der Rechenarbeit vorkamen. Aufgrund der großen Anzahl der Versuche war es möglich auch eine bevorzugte Periodendauer bei der Lösung einfacher Additionsaufgaben zu ermitteln. V. VOSS wollte diese Schwankungen der Arbeitsleistung und Aufmerksamkeit als einen zentralnervösen Prozeß verstanden wissen.
HAMPP (1961) hatte sich innerhalb einer großen Untersuchung mit den tagesrhythmischen Schwankungen der Stimmung und des Antriebes beim Menschen beschäftigt. Sie hatte 400 gesunde und freiwillige Mitarbeiter der verschiedensten Alters- und Berufsgruppen über einen längeren Zeitraum unter Benutzung standartisierter Fragebögen getestet. Die Exploration der soziologisch relativ geschlossenen Gruppen ließ eine Bewertung der Häufigkeit und Verteilung tagesrhythmischer Schwankungen zu. Gleichzeitig wurde die Frage nach der Beziehung der Rhythmik zu Lebensweise und Umweltfaktoren mitbehandelt. HAMPP konnte in ihrem Untersuchungskollektiv 52% Rhythmiker finden, deren Stimmungen und Antriebe periodisch schwankten, dann 39% Arhythmiker, bei denen die getesteten Parameter über den Tag relativ konstant blieben. Der Rest, eine Gruppe von 9% der Untersuchten, wurde zu den Persönlichkeiten mit reaktiv-wechselhafter Stimmung gezählt. Bei diesen Probanden änderten

sich die Parameter in der Regel situativ.
Die neueren Ergebnisse zu diesem Themenkreis, die mit den Namen STEBEL und SINZ (1970, 1970a u. b, 1971a u. b) verbunden sind und sich mit Perioden von sehr kurzer Dauer beschäftigen, werden an anderer Stelle in dieser Arbeit vorgestellt (siehe Seite 6, 7, 9).

II. DARSTELLUNG VON STRUKTUR UND BEDEUTUNG DER CHRONOBIOLOGIE

1. Einführung in die spezielle chronobiologische Terminologie

RENSING (1973) sowie HALBERG und LEE (1974) definierten die Chronobiologie (zeitbedingte Biologie) als eine objektive Wissenschaft über die Mechanismen der biologischen Zeitstrukturen einschließlich rhythmischer Manifestationen des Lebens. Die eben genannten Wissenschaftler bemühten sich nicht nur um eine genaue statistische Auswertung ihrer Ergebnisse, sondern legten auch großen Wert auf eine vereinheitlichte mathematisch-graphische Darstellungsweise von Periodizitäten. Sie begannen unter besonderer Berücksichtigung der chronobiologischen Besonderheiten, die charakteristischen Komponenten der speziellen Kurven zu beschreiben.
Die in dieser Abhandlung erscheinenden Termini technici sollen hier in der gebotenen Kürze an Hand der wichtigsten Periodizitäten erläutert werden, ohne daß ein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden kann.
Die biorhythmischen Schwankungen werden üblicher Weise in Form von harmonischen Schwingungen dargestellt die durch Sinus- und Cosinusfunktionen definiert werden. Die ideale Kurve beginnt zu einer bestimmten Zeit (Ausgangs- oder Referenzpunkt). Sie schneidet die Grundlinie (Mesor) in der Mitte zwischen dem tiefsten und höchsten Punkt der Kurve. Die Grundlinie ist als Bezugsgerade bei der Darstellung von Biorhythmen von großer Bedeutung. Sie darf nicht als Nullinie einer normalen mathematischen Funktion angesehen werden um die eine Kurve mit ihren

positiven und negativen Segmenten schwingt. Der Mesor ist vielmehr so gelegen, daß die einzelnen Phasen immer in positiven Bereichen liegen unter der Vorstellung, daß das Leben im Negativen nicht möglich ist. Die Zeit vom Referenzpunkt bis zur Kurvenamplitude wird als Acrophase bezeichnet. Da in biologischen Bereichen kaum mathematisch exakte Verhältnisse vorliegen, ist sowohl die Grundlinie von Fall zu Fall variabel als auch die Amplitude, es entstehen dadurch auch verschieden lange Acrophasen. Um zu einer einheitlichen Kurve zu gelangen, wird eine sogenannte Basis-Acrophase errechnet, die dann zur Darstellung gelangt. Mit Hilfe dieser Bezugspunkte und Bezugslinien können alle in der Folge aufgezählten Perioden unterschiedlichster Dauer beschrieben werden.

Infradiane Schwankungen sind Perioden, die länger als einen Tag dauern. Hierzu zählt die circaannunale Periodik (1 Jahr ± 2 Monate), die zum Beispiel von STEBEL und SINZ (1970) für die Änderung der Länge der Reaktionszeiten beim Menschen aufgezeigt worden ist. Ein circalunarer Rhythmus ist allgemein bekannt, da der Menstruationszyklus des Menschen unter anderem dieser Periodik unterliegt. CURTIS und MC EVOY (1974) konnten eine circaseptane Schwankung, mit einer Periodendauer von 7 ± 3 Tagen, der 17-Hydroxycorticosteroid-Ausscheidung wahrscheinlich machen. In die nächste Kategorie fallen die circadianen Schwankungen (24 ± 4 Stunden). Hier ist die schon lange bekannte und medizinisch beachtete Periodik zu nennen, die im Tagesgang der Körperkerntemperatur zu finden ist und besonders von ASCHOFF (1955) und ENGEL (1957) mit wissenschaftlichen Mitteln exakt untersucht wurde. Die Arbeit von HAMPP (1961) mit der Einteilung der Vpn nach dem Zeitpunkt ihres individuellen Leistungshochs in Morgen- und Abendtypen ist schon weiter oben erwähnt worden. Innerhalb der circadianen Periodik ist noch ein ultradianer Rhythmus verifizierbar. Ultradiane Periodizitäten wurden zuerst im Schlafelektroencephallogramm (Schlaf-EEG) nachgewiesen (ASERINSKY und KLEITMAN, 1953). Sie haben eine Dauer von 90 bis 120 Minuten. Im Wachsein (W) wurden einige Zeit später Schwankungen

von 120 bis 180 Minuten Länge gefunden (JOVANOVIĆ 1974). Kürzere Schwingungen, mit einer Dauer zwischen 30 Sekunden und 3 Minuten, werden unter dem Begriff episodische Perioden subsummiert (JOVANOVIĆ 1971, 1978). STEBEL und SINZ (1971) fanden eine Minuten-Periodik im zentralnervösen Kurzspeicher beim Menschen nach akustischer Informationseingabe. Sie wiederholten die Tests in konstanten oder stochastischen Intervallen über 20 - 30 Minuten und erhielten scheinbar unregelmäßige Kurvenverläufe. Die mathematische Analyse, unter Benutzung von Autokorrelationsfunktionen, ergab jedoch eine deutliche Minutenperiodik. Die Häufigkeitsverteilung zeigte ein Frequenzmaximum bei zwei Minuten.

2. Bestimmte Erkrankungen des Menschen unter biorhythmischen Aspekten

Es können die betreffenden Krankheiten in zwei Gruppen unterteilt werden. Einmal die, wo eine Biorhythmusstörung einzelner Organe oder Regelsysteme den krankmachenden Faktor darstellt, zum anderen die Erkrankungen, die in ihrem Erscheinungsbild und Ablauf eine relativ strenge eigene Periodizität haben. Es ist heute bekannt, daß die Cortisolinkretion aus der Nebennierenrinde einer circadianen Periodik unterliegt (WEITZMANN et al 1971; KAISER 1975). Mehr als die Hälfte der Tagesproduktion wird in den frühen Morgenstunden gebildet, während das Minimum der Hormonausschüttung um Mitternacht zu erwarten ist. Wenn diese Periodik zum Beispiel im Sinne einer Überproduktion oder vermehrter exogener Zufuhr gestört ist, so kommt es zu Veränderungen die das von CUSHING beschriebene Symptomenbild bieten. Gerade dieser Rhythmus findet besondere Bedeutung in der Medizin, denn bei notwendigen Langzeittherapien mit Corticosteroiden dürfen die natürlichen Schwankungen nicht zerstört werden. Deshalb wird die gesamte Tagesdosis eines betreffenden Medikamentes auf einmal am frühen Morgen verabreicht, da dann der Körper an hohe Costisolspiegel gewöhnt ist und sekundäre Veränderungen an den beteiligten Regelsystemen

nicht oder nur in geringerem Ausmaß vorkommen als bei Nichtbeachtung dieser Periodik. Krankheiten, die einen eigenen Rhythmus aufweisen, sind gehäuft im psychiatrischen Fachgebiet zu beobachten. Bei den Cyclothymien hat sich eine biorhythmische Betrachtungsweise bei vielen Autoren durchgesetzt. JUNG (1967) hebt ganz besonders die Möglichkeit einer kybernetischen Interpretation der Schwankungen bei Epilepsien und der manisch-depressiven Psychose heraus. Die endogenen Depressionen zeigen in ihrer Symptomatik ebenfalls circadiane periodische Schwankungen (KRAEPELIN 1909; ENGEL 1957; WALDMANN 1969, 1970 u.v.a.). So gehört die routinemäßig gestellte Frage an einen Patienten nach der Tageszeit, in der die depressive Stimmung am schlimmsten empfunden wird, in jede psychiatrische Anamnese. In der Regel werden die Erkrankten dann angeben, daß die melancholische Symptomatik am frühen Morgen und vormittags am stärksten ist, während gegen Nachmittag und Abend eine gewisse Erleichterung eintritt. Diese Schwankungsphänomene sind schon geraume Zeit bekannt, ohne daß hieraus bisher weiterführende Erkenntnisse zur Pathogenese oder Therapie gewonnen worden sind (SCHULTE und TÖLLE 1976).

3. Bedeutung der Ergebnisse moderner Rhythmusforschung für den Menschen

Es konnte schon an den wenigen Beispielen gezeigt werden wie Teilbereiche der Medizin und Psychologie von den bisher bekannten Ergebnissen profitieren. Es sind aber noch viele Fragen, besonders zu Leistungsschwankungen aller Art, unbeantwortet. Die Bedeutung dieses Forschungszweiges hat in den letzten Jahren durch bestimmte Umweltveränderungen und deren Auswirkung auf den Menschen stark zugenommen. Projekte aus den Gebieten der methodischen Pädagogik, der Verkehrs- und Arbeitsmedizin, werden von Psychologen, Physiologen und Medizinern bearbeitet. Einige Fragestellungen sollen nun in Form von Schlagworten angeführt werden und auch in der Folge im Bezug auf diese Arbeit im Blickwinkel behalten werden.

Die Auswirkungen der Schichtarbeit auf das Wohlbefinden des Menschen durch Beeinflussung des natürlichen Hell-Dunkel-Rhythmus und des Schlaf-Wach-Rhythmus sind noch weitgehend ungeklärt (ENGEL et al 1971). Die Vigilanzschwankungen der Fließbandarbeiter, mit den damit verbundenen Fehlleistungen, die sich nicht nur in der Produktionsleistung bemerkbar machen, sondern auch zu gehäuft auftretenden Betriebsunfällen führen (BJERNER, B, SWENSSO, A 1953).
Die Bedeutung der Einteilung in sogenannte Morgen- und Abendtypen unter Beachtung des individuellen Leistungshochs (HAMPP 1961), im Bezug auf die Planung der allgemeinen Arbeitszeiten. Sehr interessant in diesem Zusammenhang ist auch eine Studie des Bundesverkehrsministeriums (1974) zu lesen. Die gesamten Unfälle der Jahre 1972 und 1973 sind nach dem Zeitpunkt des Unfalles aufgeschlüsselt worden. Es zeigt sich eine deutliche Unfallhäufung im Monat Mai/Juni sowie in den Monaten Oktober/November. Es ist bemerkenswert, daß die Zahl der Unfälle in den Winter- und Sommermonaten, trotz der winterlichen Gefahren und dem erhöhten Risiko der Sommerreisewellen, niedriger liegt als in den anderen. Verständlich wird dieser Umstand vielleicht, wenn man die Ergebnisse der Jahresschwankungen der Reaktionszeiten aus einer Arbeit von STEBEL und SINZ (1970) betrachtet, die unabhängig von der oben zitierten Studie gewonnen worden sind. Die Autoren konnten gerade für die tatsächlich unfallträchtigen Zeiträume eine Verlängerung der Reaktionszeiten auf Licht- und Tonsignale nachweisen.
Im Rahmen der für diese Arbeit notwendigen Raffung der vorliegenden Ergebnisse soll auf die Aufzählung weiterer Phänomene verzichtet werden.

B. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

I. METHODIK

1. Problemstellung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen ergänzenden Beitrag zur Aufdeckung ultradianer Schwankungen der psychischen Leistung beim Menschen zu bringen. Der Gegenstand dieser Untersuchung ist die Änderung der Reaktionszeiten auf optische und akustische Reize und ihre Kombinationen. Einen Anstoß zur Bearbeitung dieses Themas gibt einmal der schon dargestellte aktuelle Bezug und zum anderen ein Postulat von G.F. ARPS und O. KLEMM (1909):

"Es gibt mit Sicherheit eine periodische, innere Bewegung, deren Tiefe und Regelmäßigkeit noch dahinsteht!"

Im einzelnen wollten wir erreichen:

- Durch ausgewogene Versuchsplanung, unter Verarbeitung bekannter Ergebnisse, die Störeinflüsse auf die Reaktionszeiten zu minimieren;
- Die Darstellung der Reaktionszeiten unter den verschiedensten biorhythmischen Gesichtspunkten.
- Nachweis und Darstellung einer ultradianen Periodik der psychischen Leistung mit chronobiologischen Verfahren.

2. Versuchsplanung

a) Auswahl der Probanden

Es wurden 40 freiwillige gesunde Versuchspersonen (Vpn) im Alter zwischen 20 und 29 Jahren beiderlei Geschlechts genommen, die die Eignungsuntersuchung bestanden hatten. Die Eignungsuntersuchung wurde bis spätestens einen Tag vor Beginn der Hauptuntersuchung durchgeführt. Sie bestand einmal aus der

Befunderhebung von Puls, Blutdruck sowie einer üblichen internistisch-physikalischen Begutachtung, zum anderen aus einer neurologischen, psychiatrischen und psychologischen Untersuchung, wobei letztere mit Hilfe zweier Tests (Freiburger Persönlichkeitsinventar und Hamilton Anxiety Rating Scale) durchgeführt wurde. Die Vereinbarung mit den betreffenden Probanden wurde erst getroffen, nachdem sichergestellt war, daß weder Erkrankungen im Sinne einer Hypertonie (165/95 mm Hg) oder Hypotonie (100/60 mm Hg) noch andere krankhafte Befunde somatischer oder psychischer Art vorlagen. Insbesondere wurde darauf geachtet, daß bei den Ausgewählten keine Suchtkrankheit, kein Medikamentenmißbrauch und kein exzessiver Alkoholkonsum vorlag. Die Probanden wurden von dem Autor dieser Dissertation (Versuchsleiter, VL) einzeln über die nötigen Verhaltensweisen während des Untersuchungszeitraumes belehrt. So sollte zu Beginn und im Verlaufe des Versuchs generell auf den Genuß von Alkoholika und koffeinhaltigen Getränken verzichtet werden. Ebenso wurde den Versuchsteilnehmern streng untersagt, Medikamente irgendwelcher Art, ohne vorherige Rücksprache mit dem VL, einzunehmen. Es sollte durch diese Anordnungen verhindert werden, daß ein Untersuchungsparameter durch die Wirkung der genannten Stoffe beeinflusst werden könnte.

b) Auswahl des Untersuchungsortes

Bei der Messung von psychometrischen Größen sind gewisse Forderungen an den Untersuchungsort zu stellen. Es muß für die Ableitung des Elektroencephalogramms (EEG) ein abgeschirmter Registrierraum zur Verfügung stehen und ein anderer Raum, der einige Voraussetzungen zur optimalen Durchführung der Reaktionszeitmessung bieten soll. Um diesen Auflagen gerecht zu werden, wurden die Versuche in einem speziellen Gebäude (s. JOVANOVIĆ 1978), Oberpleichfeld bei Würzburg durchgeführt. Bei der Planung und Ausstattung dieser Klinik wurde auf die notwendigen technischen Einrichtungen besonderer Wert gelegt. Eine detailierte

Beschreibung sowie die Baupläne der Untersuchungsräume sind bei JOVANOVIĆ (1978), "Zur Methodik der Chronopsychologie" zu finden. So war es dort möglich, den Probanden immer gleiche Versuchsverhältnisse über die ganze Länge des Untersuchungszeitraumes zu schaffen.
Da es sich hier um optische und akustische Signale handelt, ist versucht worden, sowohl eine weitgehend konstante Beleuchtung als auch eine gewisse Fremdgeräuschabschirmung des Untersuchungsraumes zu gewährleisten. Aufgrund der großen Beeinflußbarkeit der psychometrischen Messungen, sind solche strengen Maßstäbe erforderlich. Für den optischen Teil des Versuches sind ideale Verhältnisse geboten worden, indem nur unter indirekter Beleuchtung gearbeitet worden ist, wodurch das Auftreten verschiedener Lichtintensitäten oder eine Ablenkung der Vpn durch Streulicht verhindert worden ist.

c) Festlegung der Testdauer

Dieser Punkt ist für die Versuche und die Ergebnisse von relativ großer Bedeutung und ist direkt abhängig von der Fragestellung, die den Tests zu Grunde liegt. Hier sollen episodische Perioden nachgewiesen und deren Dauer dargestellt werden. Dabei gehen die folgenden, limitierenden Faktoren in den Entscheidungsprozeß um die Versuchslänge mit ein. In der Literatur sind die verschiedensten Zeiträume angegeben.
V. VOSS, zum Beispiel, hat die Probanden über mehrere Stunden arbeiten lassen, während andere Autoren sich mit Versuchszeiten von einer Stunde bis zu wenigen Minuten begnügt haben. Zur Bestimmung der oberen Zeitgrenze, ab der sicher eine den Versuch beeinträchtigende Ermüdung eintritt, haben STEBEL und SINZ einige interessante Beiträge geliefert. Sie haben die Dauer bei einer ihrer Versuchsreihen auf etwa 30 Minuten festgelegt und gefunden, daß in diesem Zeitraum schon "Leistungsschwebungen" über 8 - 10 sowie kleinere Perioden von 4 Minuten Dauer auftreten. Durch erneute Berechnung der Autokorrelationen bei den kurzen Schwingungen haben sich dann episo-

dische Perioden im Rhythmus von 2,5 Minuten gezeigt.
Die untere Grenze der Versuchsdauer, unterhalb der eine brauchbare Datengewinnung und sinnvolle Datenverarbeitung nicht mehr gewährleistet ist, ist zum einen abhängig von der, der Versuchsperson gerade noch auflösbaren Reizfolge, dem Abstand zwischen zwei einzelnen Reizen, zum anderen von der Länge der Zeit, die der Proband braucht, um den betreffenden Reiz aufzunehmen, zu verarbeiten und zu beantworten.
Ein anderes Problem - von nicht geringerer Wichtigkeit - ist die mathematisch-statistische Forderung nach einer großen Anzahl von Einzelwerten und einer möglichst langen Versuchszeit, damit überhaupt gesicherte Aussagen möglich werden und ein hohes Signifikanzniveau erreicht wird. Der Kompromiß bezüglich der Versuchsdauer, der hier eingegangen worden ist, gewährleistet einmal, daß eine starke, den Versuch beeinträchtigende, Ermüdung nicht auftritt und so längere Schwebungen und Schwingungen, die eventuell die Aufdeckung episodischer Perioden verhindern könnten, nicht zur Ausbildung gelangen. Zum anderen noch ein solcher Versuchszeitraum bleibt, der mit Hilfe der Autokorrelationsfunktionen noch ein befriedigend großes Frequenzspektrum zur Ausprägung kommen läßt. Die Entscheidung ist, unter Betrachtung der genannten Besonderheiten, auf eine Versuchsdauer von etwa 3 Minuten bei den Monotests und von rund 5 Minuten bei den, in der Ausführung komplizierteren Kombinationstests gefallen. Um trotz der relativ kurzen Untersuchungszeiträume genügend Einzelwerte zur statistischen Bearbeitung zu gewinnen, sind alle Versuche zu vier (4) verschiedenen Tageszeiten bei jedem Probanden wiederholt worden. Damit ist eine Darstellung des transversalen Profils biorhythmischer Prozesse möglich, das noch durch ein longitudinales Leistungsprofil ergänzt worden ist, was durch eine Versuchslaufzeit von 7 Tagen gestaltet wird. Zur Kontrolle der zeitbezogenen Veränderungen sind in Form von Stichproben sogenannte individuelle Leistungskurven erstellt worden, deren ausführliche Darstellung und Interpretation unter den Ergebnissen dieser Arbeit zu finden ist.

3. Beschreibung der Hilfsmittel zur Erfassung der psychischen und physischen Parameter

Der Zusammenhang zwischen Leistungsschwankungen unterschiedlichster Dauer und den psychischen wie den somatischen individuellen Gegebenheiten gilt heute in Einzelbereichen als bewiesen. Schon v. VOSS hat zeigen können, daß Motivation, Vigilanz, Müdigkeit, Interesse oder Desinteresse auf die Leistung fördernd oder hemmend wirken können. In neueren Arbeiten wird auch der Einfluß von Persönlichkeitsmerkmalen auf biorhythmische Prozesse diskutiert. SCHUBERT (1977) hat eine Abhängigkeit des Schlafrhythmus, sowohl beim Einschlafen als auch in der 1. Schlafperiode, von den Stimmungslagen und Persönlichkeitsmerkmalen der Untersuchten aufzeigen können. Es ist auch bekannt, daß bei reaktiv-depressiven Verstimmungen besondere Tagesschwankungen auftreten, die eventuell die endogenen Perioden überlagern und so dem Nachweis entziehen können (WALDMANN 1970).
Weiter oben ist schon darauf verwiesen worden, daß auch physische Faktoren die psychischen Leistungsschwankungen beeinflussen können. V. VOSS hat beschrieben, daß eine seiner Versuchspersonen aufgrund schlechter psychosomatischer Disposition an einem Versuchstag nur weit unterdurchschnittliche Ergebnisse erzielen konnte. Bei der Auswertung hat sich dann für diesen Tag eine deutliche Veränderung der individuellen Periodik der Leistungskurve gezeigt. Zur Wahrnehmung von etwaigen rhythmusstörenden Körperveränderungen ist die Messung bestimmter Körperteilfunktionen und der elektrischen Hirnaktivität in das Untersuchungsprogramm aufgenommen worden.

a) Erhebung des psychischen Status

Eine zusammenfassende Übersicht der Persönlichkeitsmerkmale der einzelnen Probanden ist in dem Freiburger Persönlichkeits-Inventar (FPI) (FAHRENBERG und SELG 1970) gegeben.
Dieser Test ist ein mehrdimensionaler Persönlichkeitsfrage-

bogen, der zur Diagnostik von Persönlichkeitseigenschaften und Beschwerden im klinischen und nichtklinischen Bereich zur Anwendung kommt. Er ist aus zwölf bipolar aufgebauten Skalen zusammengesetzt, die insgesamt 210 Items enthalten. Trotz der relativ großen Anzahl Items mit scheinbar stark einengenden Fragestellungen ist, nach Angaben der Autoren (1970), das Feld der Bedeutungsinhalte breit. Im einzelnen sind durch die standartisierte Auswertung Aussagen zur Nervosität, Depressivität, Erregbarkeit, Geselligkeit, Dominanzstreben, Gelassenheit, Gehemmtheit und Offenheit möglich. Außerdem kommt hier Extraversion - Introversion, emotionale Labilität sowie Maskulinität zum Ausdruck.

Zur näheren Differenzierung der Probanden bei emotionaler Labilität in Verbindung mit Angstzuständen ist die Manifest Anxiety Rating Scale nach Taylor benutzt worden. Dieser Fragebogen enthält 50 Items die sich auf die allgemeinen somatischen Veränderungen, wie Übelkeit, Erbrechen, Kopfschmerzen, Zittern, Schweißausbruch, Herzklopfen, Obstipation/Diarrhoe und Schlafstörungen, bei Angstzuständen beziehen. Gesunde Menschen dürfen nach Auswertung dieses Tests nicht mehr als 25 Punkte haben.

Inwieweit eventuelle psychische Indispositionen Einfluß auf die somatischen Bereiche haben kann mit Hilfe der Hamilton Anxiety Rating Scale, JOVANOVIĆ (1978) (Selbstbeurteilung des Patienten; JOVANOVIĆ 1978) abgelesen werden. Dieser Fragebogen beinhaltet 127 Items, die bestimmte Veränderungen in den menschlichen Organsystemen erfassen sollen. Es werden 15 Beschwerdegruppen mit jeweils mehreren Einzelbeschwerden angeboten, wobei der Proband die Möglichkeit hat, seine Beschwerden von Stufe 0 (Null) - 10 (Zehn) zu graduieren, sodaß nach der Auswertung ein genaueres Bild über die Art und Gewichtigkeit der vorhandenen Symptome entsteht. Der Aufbau dieser Skala ermöglicht auch die tägliche Beurteilung einer einzelnen Beschwerde beziehungsweise Beschwerdegruppe im Verlaufe einer längeren Behandlung.

Die vierte ergänzende Möglichkeit in der Befunderhebung stellt

ein Fragebogen zum "Subjektiven Befinden" der Versuchsperson dar, aus dessen Antworten sich die unterschiedlichsten Befindungsmuster zu den Tageszeiten ablesen lassen. Jeder Proband hat zu Beginn eines jeden Versuchstages diesen Fragebogen mit der Aufforderung erhalten, innerhalb der vorgegebenen Spalten zu jeder vollen Stunde sein Befinden zu protokollieren. Dabei bedeutet ein Plus-Zeichen eine leichte Veränderung, zwei Plus-Zeichen eine mäßige Veränderung und drei Plus-Zeichen eine starke Veränderung. Besonders die Angaben, die die Beruhigung, Ermüdung, Schläfrigkeit sowie den Schlaf betreffen können sehr gut differenziert und erfaßt werden. So bedeuten drei Plus-Zeichen in der Spalte "Ermüdet" eine zwar starke Ermüdung aber noch keine Schläfrigkeit, die nach dieser Einteilung ja wieder eine gesonderte Rubrik mit drei Stärkegraden darstellt. In ähnlicher Weise lassen sich auch die Zustände "Schläfrig" und "Schlaf" auseinander halten. Diese ausgefeilten Fragestellungen sind notwendig, da das Aufmerksamkeitsverhalten bei den Versuchen direkt von diesen Empfindungen abhängig ist. In der letzten Spalte des Fragebogens unter "Andere Zeichen" kann der Proband angeben, welche Veränderungen er, außer den fest klassifizierten, noch an sich selbst festgestellt hat, im Sinne von Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit usw. Der hier beschriebene Fragebogen bietet noch die zusätzliche Möglichkeit, daß bei der Zufuhr eines Präparates während des Versuches die Vpn angeben können, wann sie subjektiv einen Wirkungseintritt verspüren.
Zur übersichtlichen Darstellung der vorangegangenen Beschreibung der Einschlußkriterien und des hier verwendeten Fragebogens dienen Tabelle I.1 und I.2, Seite 17 und 18.

Tabelle I.1: EINSCHLUSSKRITERIEN für die Vpn

Erhebung des physischen Befundes:

- Gewicht
- Größe
- Puls
- Blutdruck
- Unauffälligkeit der internistisch-physikalischen Begutachtung einschließlich des neurologischen Status
- Ableitung eines Elektroencephalogramms (EEG)

Erhebung des psychischen Befundes:

- Psychiatrische Begutachtung zum Ausschluß einer Suchtkrankheit, von Medikamentenmißbrauch und exzessiven Alkoholkonsum
- Unauffälligkeit der psychologischen Tests
  Freiburger Persönlichkeitsinventar
  Manifest Anxiety Rating Scale nach Taylor
  Hamilton Anxiety Rating Scale, JOVANOVIĆ (1978)
  Fragebogen "Subjektives Befinden"

PROJEKT _____ _____

VP-Nr.: _____ Initiale: _____ Alter: _____

Grösse: _____ cm; Gewicht: _____ kg;

Datum: _____ Behandlungstag: (Reihenfolge) _____

_____

Uhrzeit (mit Minuten) der Medikamenteneinname: 1) _____

2) _____ 3) _____

Wirkungseintritt nach der Einnahme (Uhrzeit, Min): 1) _____

_____ 2) _____ 3) _____

UHR-ZEIT	SUBJEKTIVES BEFINDEN						
	Ermun-tert	Ausge-glichen	Be-ruhigt	Ermü-det	Schläf-rig	Schlaf	Andere Zeichen (welche?
7-9							
9-10							
10-11							
11-12							
12-13							
13-14							
14-15							
15-16							
16-17							
17-18							
18-19							
19-20							
20-21							
21-22							
22-23							
23-24							

+ = leicht; ++ = mäßig; +++ = stark;

Tabelle I.2: Fragebogen "Subjektives Befinden"

b) Erhebung der physischen Befunde

Der Blutdruck nach Riva ROCCI, Puls, die subjektiven Angaben der Vpn sowie eventuelle andere Erhebungen des Untersuchers sind jeweils zu Beginn eines Untersuchungsabschnittes und dann in stündlichen Abständen vom Versuchsleiter in ein genormtes Protokoll eingetragen worden. Für die Angaben des Probanden haben dieselben Graduierungen gegolten wie im Fragebogen zum "Subjektiven Befinden". Im Falle der Anregung (Ermuntert) bedeutet ein Plus-Zeichen eine leichte Anregung zur besseren psychischen und körperlichen Leistung. Zwei Plus-Zeichen bedeuten eine Steigerung der Anregung bis zur Nervosität und eventuellem vegetativen Tremor an den Händen. Drei Plus-Zeichen sind in das Protokoll eingetragen worden, wenn der Proband bereits aufgeregt und körperlich nicht mehr leistungsfähig ist. Die Veränderungen in umgekehrter Richtung sind nach gleichen Maßstäben, ebenfalls unter mehr psychosomatischen Gesichtspunkten bewertet worden. Wenn jedoch gar keine Änderung eingetreten ist, wird in den einzelnen Spalten ein Minus- oder O-Zeichen geschrieben.

c) Das Elektroencephalogramm

Zur Ableitung der bioelektrischen Hirnpotentiale ist ein 8-fach schreibender Elektroencephalograph benutzt worden. Die Elektroden sind bei diesem Versuch so geschaltet worden, daß unilaterale-homolaterale Ableitungen von der linken und rechten Hemisphäre getrennt voneinander aber gleichzeitig möglich sind. Es sind die Hirnströme über der frontalen, temporalen und occipitalen Region registriert worden. Von jedem Probanden ist viermal an jedem Untersuchungstag die Hirnstromkurve kontinuierlich aufgezeichnet worden. Die Daten sind sofort von einem Rechner nach einem Spezialprogramm (Bioprozessor 16 = Bio 16) bearbeitet worden. Dabei sind die Wellen in die Frequenzspektren eingeordnet und die absoluten und relativen Ausprägungen der einzelnen Frequenzen ausgerechnet worden.

Das benutzte Rechenprogramm ermöglicht auch die Darstellung der dominanten Frequenz des entsprechenden Wellenspektrums sowie die Bestimmung der Äquivalenten Bandbreite (ESAP-Programm, s. JOVANOVIĆ 1978). Eine nähere Erläuterung der speziellen Rechenprogramme würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, sodaß auf die diesbezüglichen Quellen, die im Literaturverzeichnis angegeben sind, verwiesen werden muß (s. auch JOVANOVIĆ 1978).
Die ausgeführten Berechnungen ermöglichen eine für diese Untersuchung ausreichende Darstellung des individuellen Aktivitätsmusters der Hirnpotentiale. Der Aussageschwerpunkt liegt hier besonders auf dem kontinuierlichen Erkennen kurzfristiger Funktionsänderungen, zum Beispiel in Richtung eines periodischen Frequenzwechsels. Ein anderer Aspekt ergibt sich aus der unter Punkt 4.a beschriebenen Zufuhr eines unbekannten pharmakologisch wirkenden chemischen Präparates, da nur durch die Aussagekraft eines EEG`s eine quantitative Wirkung objektiviert und eine Langzeitwirkung dokumentiert werden kann.

d) Das Wiener Reaktionsgerät

Die Reaktionszeiten (RZ), die während dieses Versuches ermittelt und bearbeitet worden sind, sind mit dem von Dr. SCHUHFRIED entwickelten Apparat gewonnen worden. Dieser, in die Literatur als Wiener Reaktionsgerät eingegangene Reaktiometer besteht aus einem Steuergerät mit integriertem Kurzzeitmesser zur Digitalanzeige der entsprechenden Reaktionszeiten, einer Reiztafel und einem Unterbrecherkontakt.
Der Versuchsleiter sitzt dem Probanden gegenüber, sodaß der zu Untersuchende nur die Reiztafel und den Unterbrecherkontakt vor sich hat und nicht die Einstellungen am Steuergerät und die Ergebnisse der Messungen einsehen kann. Auf der Reiztafel sind je eine Lampe für rotes Licht und gelbes Licht, sowie ein Lautsprecher zur Übertragung akustischer Signale angebracht. Der Unterbrecherschalter, der bei Betätigung den

Kurzzeitmesser anhält, ist besonders konstruiert. Er besteht aus zwei unterschiedlich großen Metallspiegeln, wobei der größere hinter dem kleineren angeordnet ist. Während sich der Proband auf die dargebotenen Reize konzentriert, ruht schon sein Handballen auf dem großen Spiegel, sodaß zum Abschalten der Zeituhr ein kurzes Berühren des kleinen Spiegels mit den Fingerkuppen ausreicht. Diese Schalterkonstruktion ist vorteilhaft, da sie einmal keine mechanischen Komponenten besitzt, die eine systembedingte Trägheit als größeren Fehler in die Versuchsanordnung einbringen könnte. Zum anderen sind von der Versuchsperson zur Betätigung des Schalters keine gezielteren motorischen Exkursionen der Hand nötig die eventuell die Reaktionszeiten im Sinne einer Verlängerung beeinflussen könnten. Der Versuchsleiter (VL) kann an dem Steuergerät die gewünschte Reizart, Reizgeschwindigkeit und Reizhäufigkeit einstellen. Er hat auch die Aufgabe die Anzahl der gesamten und der richtigen Reizantworten sowie die absoluten Reaktionszeiten in einem normierten Protokoll festzuhalten.
Das Untersuchungsprogramm beinhaltet folgende Tests:

- Optische Reize (Flash-Test = F-Test)
- Akustische Reize (Ton-Test = T-Test)
- Kombinierte optisch-optische Reize in zwei Farben (FF-Test)
- Kombinierte optisch-akustische Reize (FT-Test).

- Einfache optische Reaktionszeiten (F)

Die Farbe Gelb erscheint hier 30 mal statistisch gestreut, also in regelloser Folge über die Testzeit eines Versuches. Nach jedem Aufleuchten der gelben Lampe hat die Versuchsperson die Aufgabe, durch Druck auf den Spiegel das Zählwerk der Zeituhr so schnell wie möglich anzuhalten. Die angezeigte Reaktionszeit ist dann, wie oben beschrieben, vom Versuchsleiter protokolliert worden.

- Einfache akustische Reaktionszeiten (T)

Während dieses Tests sind wieder 30 mal statistisch gestreute

Tonsignale über den Lautsprecher den Probanden angeboten worden, auf die in der gleichen Weise wie bei den optischen Reizen reagiert werden mußte.

- Kombinierte optisch-optische Reaktionszeiten (FF)

Bei den kombinierten optisch-optischen Reizen bekommt der Proband alle Reize dargeboten, die das Wiener Reaktionsgerät anbieten kann. Statistisch gestreut werden einmal akustisch einfach, optisch rot einfach, optisch gelb einfach, einmal akustisch und optisch rot, einmal akustisch und optisch gelb und ein weiteres Mal optisch-optisch gelb und rot gegeben. Die Versuchsperson hat hierbei die Aufgabe nur auf die Reizkonstellation optisch-optisch gelb-rot zu reagieren, während sie die anderen Reize unbeantwortet lassen muß. Die Zeiten zwischen der Reizdarbietung und der Reizbeantwortung sind als Reaktionszeiten angesehen und in die entsprechenden Tabellen eingetragen worden.

- Kombinierte akustisch-optische Reaktionszeiten (FT)

Der Apparat hat die gleiche Zeitvorgabe wie bei den optisch-optischen Reaktionszeitmessungen behalten. Es sind wieder in unregelmäßiger arhythmischer Reihenfolge einmal die optischen einmal die akustischen Reize, dann zwei optische gelb und rot; einmal die akustischen und optisch roten und eine nächstes Mal die akustischen und optisch gelben Signale angeboten worden. Die Versuchsperson hat nur auf den akustischen Reiz bei gleichzeitiger Kombination mit dem optisch gelben antworten sollen. Die Reaktion auf andere Reize ist als Fehler angesehen worden. Nicht nur die Reizfolge kann variiert werden, sondern auch die Ablaufgeschwindigkeit (Schrittdauer) des Programms kann durch Betätigung der entsprechenden Taste (D = Density = Dichte) am Steuergerät eingestellt werden.
In diesen Versuchen ist bei den einfachen Farb-Tontests eine Gesamtversuchsdauer von rund 3 Minuten vorgegeben worden. Pro Versuch werden dann 30 richtig zu beantwortende Reize statistisch gestreut angeboten, daraus ergibt sich für den

Abstand zweier aufeinanderfolgender richtiger Reaktionen der Vpn eine errechnete Zeit von 6 Sekunden. Für die komplizierten Kombinationstests ist dagegen die Schrittdauer verlängert worden. So erscheinen die zu erkennenden 30 Reizkombinationen über eine Gesamtversuchslänge von rund 5 Minuten statistisch gestreut. Für diese Tests beträgt danach der errechnete Abstand zweier zu beantwortender Reize 10 Sekunden.
Zeitliche Verschiebungen der Versuchslänge werden durch die gewollte Arhythmik der Reizfolge hervorgerufen, die das Einüben von eventuellen Gesetzmäßigkeiten der Reizfolge in den Programmen der Versuchsperson erschweren soll.
Durch die mit dem Wiener Reaktionsgerät gesetzten einfachen und kombinierten Reize ist es möglich, folgendes direkt zu untersuchen:

- Reaktionszeiten auf optische Reize;
- Reaktionszeiten auf akustische Reize;
- Reaktionszeiten auf mehrfache Kombinationen.

4. Versuchsdurchführung

a) Bildung einer Kontrollgruppe durch Gabe eines Präparates

Mit Hilfe eines Randomisierungsschemas sind zwei gleich große Probandengruppen mit je 20 Personen gebildet worden (s. Seite 25). Sie haben zur Kontrolle der Ergebnisse innerhalb eines Doppelt-Blind-Versuches ein Präparat verabreicht bekommen. Es hat sich hier um einen alkoholischen Auszug aus der Baldrianwurzel (Radix Valerianae) gehandelt, der den Probanden in gelatineverkapselter Form morgens, mittags und nachmittags über sieben Tage gegeben worden ist. Die Überwachung der korrekten Einnahme der Kapsel ist vom Versuchsleiter selbst oder einer anderen befugten Person vorgenommen worden. Die Einnahmezeiten sind dann in das Versuchsprotokoll eingetragen worden.

b) Darstellung des Untersuchungsablaufes

Die 40 Probanden sind in fünf Gruppen mit einer Stärke von sechs Personen und in zwei Gruppen mit je fünf Personen aufgeteilt und in der in Tabelle I 4 aufgezeichneten Reihenfolge untersucht worden. Die einzelnen Gruppenmitglieder sind zu jeder Untersuchung zum Untersuchungsort nach Oberpleichfeld gefahren worden. Das Benutzen von eigenen Fahrzeugen ist den Probanden aus verkehrs- und versicherungsrechtlichen Gründen untersagt worden, da der Einfluß des zu prüfenden Präparates auf die Fahrtüchtigkeit der Vpn nicht im voraus abgeschätzt werden konnte. Die Untersuchungen haben in der Regel gegen 7.15 Uhr mit der Erhebung der physischen Befunde und der Verteilung der Fragebögen zum "Subjektiven Befinden" begonnen. Anschließend sind die einzelnen Gruppenmitglieder abwechselnd in zeitlich versetzten Abständen in den Untersuchungsraum zur Ableitung des Elektroencephalogramms und in einen anderen Raum zur Reaktionszeitbestimmung gegangen. Dabei hat die Ableitung eines EEG's mit An- und Abbau der Elektroden, der Bedienung des Computers und die eigentliche Registrierung etwa 16 Minuten in Anspruch genommen. Daraus folgt, daß die Durchuntersuchung einer Gruppe zu 6 Personen knapp 100 Minuten dauert. Eine komplette Reaktionszeitmessung, bestehend aus zwei Tests zu je 3 Minuten und zwei Tests zu je 5 Minuten, dauert insgesamt mindestens 16 Minuten, wobei immer einige Zeit durch den Wechsel der Versuchspersonen verloren geht. Die Zeit, die für die Testung einer ganzen Gruppe gebraucht worden ist, muß auch mit 1 Stunde und 40 Minuten veranschlagt werden.

Tabelle I.3.: Aufteilung der Probanden in eine Verum- und eine Placebogruppe

Verum-Gruppe = 20 Probanden	Placebo-Gruppe = 20 Probanden
1	2
3	5
4	6
7	8
9	11
10	13
12	14
15	16
17	18
20	19
21	23
22	25
24	27
26	28
29	30
32	31
35	33
37	34
39	36
40	38

PROBANDEN	WOCHENTAG						
	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
	08.11.76	09.11.76	10.11.76	11.11.76	12.11.76	13.11.76	14.11.76
	01, 02, 03, 04, 05, 06.	07, 08, 09, 10, 11, 12.	13, 14, 15, 16, 17, 18.	01, 02, 03, 04, 05, 06.	07, 08, 09, 10, 11, 12.	13, 14, 15, 16, 17, 18.	01, 02, 03, 04, 05, 06.
	15.11.76	16.11.76	17.11.76	18.11.76	19.11.76	20.11.76	21.11.76
	07, 08, 09, 10, 11, 12.	13, 14, 15, 16, 17, 18.	19, 20, 21, 22, 23, 24.	25, 26, 27, 28, 29, 30.	31, 32, 33, 34, 35.	19, 20, 21, 22, 23, 24.	25, 26, 27, 28, 29, 30.
	22.11.76	23.11.76	24.11.76	25.11.76	26.11.76	27.11.76	28.11.76
	31, 32, 33, 34, 35.	19, 20, 21, 22, 23, 24.	25, 26, 27, 28, 29, 30.	31, 32, 33, 34, 35.	36, 37, 38, 39, 40.		
	29.11.76	30.11.76	01.12.76	02.12.76	03.12.76	04.12.76	05.12.76
	36, 37, 38, 39, 40.			36, 37, 38, 39, 40.			

Tabelle I.4.: Untersuchungsreihenfolge der Probanden

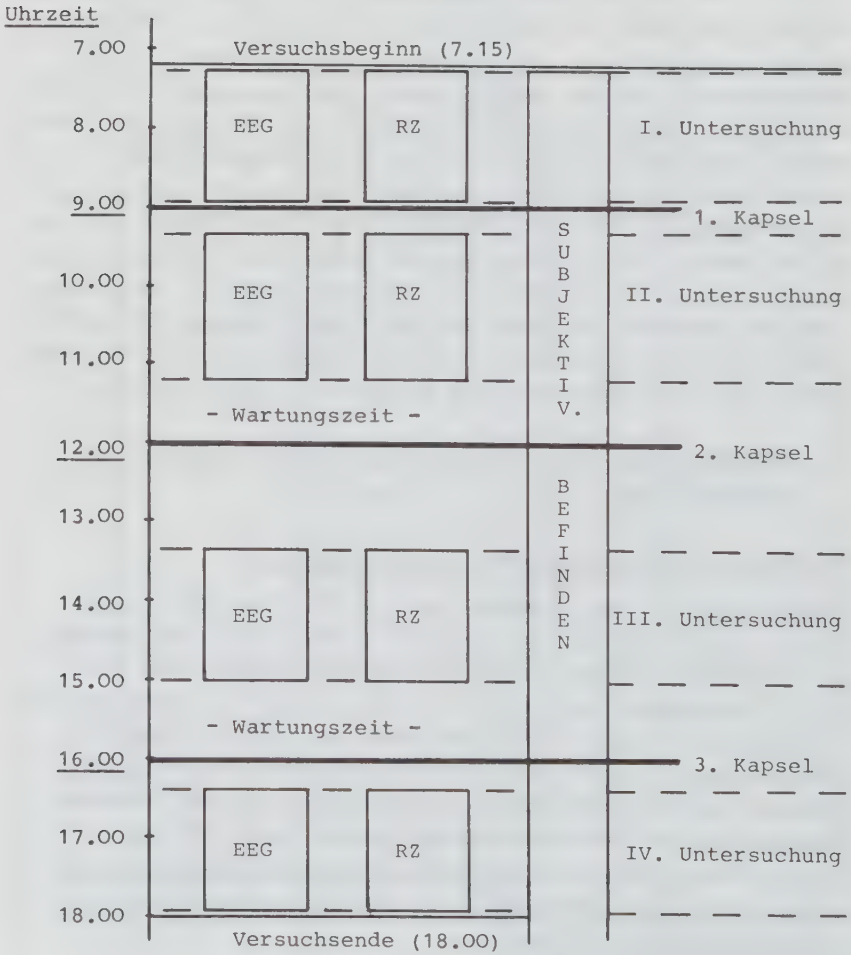
Nach Beendigung der ersten Untersuchung haben die Probanden um 9.00 Uhr die erste Kapsel bekommen, die sie unter Aufsicht schlucken mußten. Nach einer kurzen Wartungspause, in der die Einstellungen der Geräte überprüft und korrigiert worden sind, ist mit dem zweiten Untersuchungsgang für diesen Tag begonnen worden. Der zweite Untersuchungstag hat denselben zeitlichen Ablauf wie der erste. Um 12.00 Uhr, vor dem dritten Untersuchungsgang, ist die zweite Kapsel gegeben worden. Die dritte und letzte Präparatgabe für diesen Tag ist um 16.00 Uhr erfolgt, worauf sich dann die vierte Untersuchung angeschlossen hat. An den meisten Untersuchungstagen sind die Versuche gegen 18.00 Uhr beendet worden. Nach diesem beschriebenen Schema ist auch an den zwei noch folgenden Untersuchungstagen vorgegangen worden. Für die beiden Gruppen zu fünf Personen sind durch Änderung der Anfangs- und Endzeiten der Einzelversuche die zeitlichen Abstände wie bei den Sechser-Gruppen konstant gehalten worden (s.a. Zusammenstellung in Tabelle I.5, Seite 28).

5. Grundsätzliches zur statistischen Aufarbeitung der erhobenen Daten

a) Getrennte Berechnung der Einzelkollektive

Die Aufstellung des Gesamtkollektivs der Versuchspersonen (Vpn) in zwei gleich starke Gruppen, wobei die eine Kapseln mit Wirkstoff (Verum-Gruppe) die andere Kapseln ohne Wirkstoff (Placebo-Gruppe) erhalten hat, ist bis zur Endauswertung beibehalten worden. Alle Ergebnisse aus beiden Kollektiven sind streng getrennt, aber nach den gleichen statistisch-mathematischen Verfahren ermittelt worden. In den folgenden Beschreibungen und Darstellungen werden diese Gruppen besonders markiert werden. Statistisch bearbeitet worden sind alle intra- sowie interpersonellen bzw. longitudinalen und transversalen Vergleiche.

Tabelle I.5.: Zeitplan zum Versuchsablauf bei 6 Probanden/Tag



EEG = Elektroencephalogramm
RZ = Reaktionszeitmessung

b) Normalitätsprüfung und Wahrscheinlichkeitsniveau

Vor Beginn der statistischen Auswertung sind alle Daten aus den verschiedenen Versuchsteilen einer Normalitätsprüfung unterworfen worden. Erst nachdem die Normalverteilung aller Werte als gesichert gelten konnte, ist mit den Berechnungen nach den noch näher zu erläuternden Verfahren begonnen worden. Die Resultate der statistischen Tests sind in der Regel signifikant auf einem Wahrscheinlichkeitsniveau von 95% oder besser, wobei niedrigere Signifikanzen in der Folge ausdrücklich erwähnt werden.

c) Auflistung der benutzten mathematisch-statistischen Verfahren

In dieser Arbeit sind zum statistischen Vergleich der Einzel- und Mittelwerte der paarweise t-Test, der U-Test und der F-Test verwendet worden. Unter der weiterführenden Fragestellung zur Sekundenperiodik sind Rechenversuche mit verschiedenen Approximationsgleichungen unternommen worden. Auf der Suche nach Periodizitäten in den Reaktionszeiten sind dann Autokorrelationsfunktionen zum Einsatz gekommen. Bei den entsprechenden Perioden sind dann die einzelnen Frequenzanteile mittels der Fourier-Analyse dargestellt worden. Der letzte Rechenschritt hat grundsätzlich aus der Prüfung bestimmter dominanter Frequenzen auf Überzufälligkeit mit Hilfe des White-Noise-Tests bestanden. Diese Aufzählung soll nur einen strukturellen Überblick von dem chronologischen Ablauf der verwendeten Rechenoperationen bieten. Die ausführlichen und genaueren Beschreibungen der einzelnen Verfahren, die Angaben der mathematischen Formeln und die graphischen Darstellungen werden im Zusammenhang mit den speziellen Ergebnissen gebracht (siehe unten).

d) Auswertung der psychischen und somatischen Untersuchungsbefunde

Die psychologischen Tests sind mit den entprechenden Schablonen

bearbeitet und danach bewertet worden. Die Ergebnisse des Freiburger Persönlichkeits Inventars (FPI) entsprechen bei unseren Versuchspersonen der Normalverteilung. Der dem FPI angeschlossene Manifest Anxiety Rating Scale nach Taylor hat ebenfalls keine Werte gezeigt, die auf vermehrte Angst des einen oder anderen Probanden schließen lassen konnten (siehe oben "Einschlußkriterien"). Die errechneten Punktzahlen auf der gültigen Skala haben in keinem der Fälle die kritische Grenze von 25 Punkten überschritten. Der dritte Test, der bei unseren Versuchen benutzt worden ist, der Hamilton Anxiety Rating Scale (modifiziert von U.J. JOVANOVIĆ), der die Auswirkungen eventuell bestehender Ängste auf die psychosomatischen und somatischen Bereiche erfaßt, ist ebenfalls bei allen 40 Probanden unauffällig gewesen (siehe oben "Einschlußkriterien"). Die Auswertung der Fragebögen zum "Subjektiven Befinden" hat ein buntes Bild der möglichen Antworten erbracht. Das Ausmaß der Vigilanzschwankungen über den Tag ist jedoch bei den Versuchspersonen zu tolerieren, sodaß eine übergebührliche Beeinflussung der Reaktionszeiten von dieser Seite nicht abgeleitet werden kann. Die in einer geringen Anzahl von Fällen angegebenen kurzfristigen Kopfschmerzen und Unwohlsein sind sowohl in der Placebo- als auch der Verum-Gruppe aufgetreten und dürften rein zufälliger Natur sein.

Die Ergebnisse aus der physikalisch-körperlichen Hauptuntersuchung haben sich über die Zeit nicht wesentlich geändert. Die Abweichung ist nur in Einzelfällen in geringem Umfang erkennbar. Bei der Blutdruckmessung nach Riva ROCCI sind über den gesamten Untersuchungszeitraum weder hypertone Spitzenwerte noch hypotone Erscheinungsbilder aufgetreten. Auch eine extreme Tachykardie oder Bradykardie ist nicht objektiviert worden. Alle Schwankungen sind sowohl in der Placebo- und in der Verum-Gruppe ohne signifikanten Unterschied aufgetreten. Durch die Untersuchungen mit dem Elektroencephalographen konnten eine Reihe von eventuellen vorbestehenden hirnorganischen Schäden unwahrscheinlich gemacht werden (siehe

bildern kann hier in diese Arbeit nicht im vollen Umfang übernommen werden. In der Folge werden typische Kurvenverläufe und charakteristische Merkmale an Hand einiger Beispiele beschrieben. Die entsprechenden Kurven und Diagramme sind, wenn nicht näher erläutert, unter Verwendung von Zufallszahlen ausgewählt worden. Sofern die, den Kurven zugrunde liegenden Einzelergebnisse nicht in den jeweiligen Abschnitten aufgeführt sind, werden sie innerhalb der tabellarischen Darstellung im Anhang gebracht.

II. ERGEBNISSE

a) Statistischer Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Farb-Tests (F)

Zusammenfassend läßt sich zu den Farb-Tests unter Berücksichtigung aller Parameter sagen, daß die Reaktionszeiten in den einzelnen Untersuchungen ein homogenes Feld bilden, das nur selten durch sehr gute oder auch sehr schlechte Reaktionszeiten, den sogenannten "Ausreißern" gestört wird. Eine Verbesserung der Mittelwertzeiten von einem Untersuchungstag zum anderen kann für diese Testart nicht signifikant nachgewiesen werden. Diese Feststellung wird für das Gesamtkollektiv in Tabelle II.1 in der tabellarischen Darstellung statistisch belegt.

Die kürzesten Reaktionszeiten und damit der beste Mittelwert von allen Farb-Tests aller Probanden ist mit (MW) 18.60 hundertstel Sekunden am zweiten Versuchstag in der dritten Untersuchung erreicht worden.

Die längsten Reaktionszeiten und daraus folgend der schlechteste Mittelwert dieser Testreihe ist mit (MW) 39.50 hundertstel Sekunden am zweiten Versuchstag in der ersten Untersuchung erreicht worden.

b) Statisitscher Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Ton-Tests (T)

Bei Betrachtung der Einzelwerte des Ton-Tests in den Diagrammen der verschiedenen Untersuchungen fallen deutlich einige Reaktionszeiten auf, die aufgrund ihrer Lage zur überwiegenden Anzahl der anderen Werte als "Ausreißer" zu bezeichnen sind. Sie zeigen eine einmalige stark verzögerte Reaktion auf ein Tonsignal an. Diese "Ausreißer" finden sich in unregelmäßiger Folge in den verschiedensten Untersuchungen wieder.
Eine Verkürzung der Reaktionszeiten von einem Untersuchungstag zum anderen ist an Hand der Mittelwerte nicht mit Signifikanz zu erkennen. Das Gesamtkollektiv wird in Tabelle II.2a, b, c statistisch verglichen.
Der beste Mittelwert (MW) mit 17.13 hundertstel Sekunden ist am 2. Tag in der 3. Untersuchung erreicht worden. Die längsten Reaktionszeiten und damit der schlechteste Mittelwert (MW) mit 40.33 hundertstel Sekunden findet sich am 3. Tag/ 3. Untersuchung.

c) Statistischer Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Farb-Farb-Tests (FF)

An Hand der Mittelwerte läßt sich bei diesem Kombinationstest eine Verkürzung der Zeiten vom ersten zum zweiten Untersuchungstag bestätigen ($p<0.01$). Eine weitere Verbesserung der Reaktionszeiten vom zweiten zum dritten Tag ist nicht signifikant. Der Vergleich der Mittelwerte des ersten Tages mit denen des dritten gibt einen deutlichen Leistungsanstieg wieder ($p<0.01$). Der statistische Vergleich am Gesamtkollektiv ist in Tabelle II.3 im Anhang vollzogen worden.

Der beste Mittelwert (MW) mit 18.87 hundertstel Sekunden ist für die vierte Untersuchung des dritten Versuchstages ermittelt worden. Der schlechteste Mittelwert dieser Testreihen ist mit 53.13 hundertstel Sekunden am dritten Untersuchungs-

tag in der zweiten Messung festzustellen.

d) Statistischer Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Farb-Ton-Tests (FT)

Die Einzelwerte der FT-Tests zeigen in den Auswertungen breite gleichmäßige Verteilung auf die möglichen Registrierzeiten. "Ausreißer" sind bei diesen Tests ebenso selten wie bei den Farb-Farb-Tests. Die Reaktionszeiten auf die Signale sind bei diesen Versuchen gegenüber allen anderen Testkombinationen am längsten.
Bezüglich der Mittelwerte ist festzustellen, daß hier eine Verbesserung der Leistung von einem Untersuchungstag zum anderen mit hoher Signifikanz sichtbar ist. Dieses Ergebnis wird für alle Probanden in Tabelle II.4 dargestellt.
Der beste Mittelwert (MW) mit 16.63 hundertstel Sekunden ist am dritten Tag in der vierten Untersuchung erreicht worden. Die langsamsten Reaktionszeiten und damit auch der schlechteste Mittelwert (MW) aller FT-Tests ist mit 54.43 hundertstel Sekunden in der ersten Untersuchung des ersten Versuchstages zu finden.

e) Statistischer Vergleich aller Einzeluntersuchungen, Versuchstage und Gruppen des Gesamtkollektives miteinander

Unter diesem Punkt sollen zusammenfassend die allgemeinen Veränderungen der Mittelwerte beschrieben werden, die sich unter Verwendung des t-Tests aus den in der tabellarischen Darstellung aufgeführten Tabellen II.1a, b, c bis II.8 ableiten lassen. Bezüglich der Änderung der Reaktionszeiten über den gesamten Versuchszeitraum unterscheiden sich die Mono- und Kombinationstests sehr deutlich.
Bei den Farb- und Tontests lassen sich keine signifikanten Verbesserungen der Zeiten anhand der Mittelwerte aller Einzeluntersuchungen oder der Tagesmittelwerte erkennen ($p<0.01$). Für die Farb-Farb-Tests ist eine Verkürzung der

Reaktionszeiten über die Tagesmittelwerte vom ersten zum zweiten und vom ersten zum dritten Untersuchungstag nachzuweisen ($p<0.01$). Eine Leistungssteigerung vom zweiten zum dritten Untersuchungstag findet wegen mangelnder Signifikanz in der t-Verteilung keine Bestätigung.
Für den Farb-Ton-Test kann aufgrund aller untersuchten Parameter eine Verkürzung der Reaktionszeiten vom ersten zum zweiten Untersuchungstag, wie auch vom zweiten zum dritten, aufgezeigt werden ($p<0.01$). Hieraus ergibt sich im Gesamtkollektiv zwangsläufig eine starke Leistungssteigerung vom ersten zum dritten Tag hin, deren hohe Signifikanz in den Werten der betreffenden Tabellen zum Ausdruck kommt. Wie aus der Aufschlüsselung der Tabellen zu entnehmen ist, treffen die obigen Aussagen im gleichen Maße sowohl für die Verum- und Placebo-Gruppe getrennt, als auch gemeinsam zu. Der Vergleich zwischen der Verum- und der Placebo-Gruppe ergibt, wie die Tabellen II.5 - II.8 bei kleiner Irrtumswahrscheinlichkeit verdeutlichen, keinen Unterschied bezüglich der Reaktionszeiten auf optische und akustische Signale. Somit ist zu folgern, daß die geprüfte Substanz in der hier verwendeten Dosierung keinen Einfluß auf die Reaktionszeiten der Verum-Gruppe hat.

2. Beschreibung und Darstellung der Reaktionszeiten (RZ) speziell

Unter Berücksichtigung der Problemstellung ist es auch notwendig die Einzelwerte in ihrer Absolutheit und in ihrem Verlauf zu betrachten. Nur so ist es möglich, bestehende Veränderungen im Sinne von "Ausreißern" oder Punkthäufungen und -verteilungen zu erkennen und in den Berechnungen zu berücksichtigen. In den folgenden Abbildungen sind beispielhaft alle vier Versuche der drei Untersuchungstage eines Probanden des Farb-Farb-Tests zu sehen, wobei auf der Ordinate der einzelnen Diagramme die Reaktionszeiten in hundertstel Se-

kunden aufgetragen worden sind und auf der Abszisse die Anzahl der Einzelsignale. Trotz den im Abschnitt B/I.3.d beschriebenen unterschiedlichen Versuchslängen, ist hier ein einheitlicher Abstand zwischen den 30 Skalenteilen gewählt worden. Der tatsächliche zeitliche Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Signalen kann unter Berücksichtigung der jeweiligen Gesamtversuchsdauer errechnet werden. In der oberen Hälfte der Abbildung ist die einzelne Reaktionszeit in den Diagrammen durch ein (+) markiert. In der unteren Hälfte der Abbildungen sind die errechneten Mittelwerte (MW) der einzelnen Versuche eingezeichnet und Reaktionszeiten untereinander durch Linien verbunden worden. Die Verbindung der Einzelwerte dient zur verdeutlichenden Darstellung und ermöglicht so eine leichtere optische Vorauswertung. Im Hinblick auf die sich anschließenden Rechenoperationen zur Periodenanalyse ist der errechnete Mittelwert (MW) im Diagramm als O(Null)-Punkt und die davon ausgehende waagrechte Gerade als Grundlinie (Mesor) definiert worden. Die Werte, die unterhalb dieser Linie liegen, haben aufgrund der üblichen mathematischen Schreibweise ein negatives Vorzeichen bekommen, was jedoch unter chronobiologischem Aspekt, die im Abschnitt A/II.1 erläuterte Bedeutung hat.

a) Einzelwerte (EW), Mittelwerte (MW) und Streuung (s) der Farb-Farb-Tests (FF-Test)

Die Abbildungen 1 - 3 zeigen die Reaktionszeiten und die Mittelwerte der gesamten Untersuchung einer Versuchsperson mit dem Farb-Farb-Test.

Abbildung 1 enthält alle Daten des ersten Untersuchungstages (MW in 1/100 Sekunden):

TAG	Untersuchung	Testdauer	Mittelwerte	Streuung
1	1	5'18''	50.60	7.045
1	2	5'38''	36.77	7.106
1	3	5'16''	36.57	8.037
1	4	5'06''	39.67	8.981

Abbildung 2 ist aus folgenden Werten des zweiten Untersuchungstages entstanden (MW in 1/100 Sekunden):

TAG	Untersuchung	Testdauer	Mittelwerte	Streuung
2	1	5'28''	47.80	13.425
2	2	5'07''	41.87	10.163
2	3	5'14''	46.00	13.256
2	4	5'14''	42.53	11.628

Abbildung 3 mit den Ergebnissen des dritten Untersuchungstages (MW in 1/100 Sekunden):

TAG	Untersuchung	Testdauer	Mittelwerte	Streuung
3	1	5'24''	43.60	12.397
3	2	4'32''	41.97	11.984
3	3	5'13''	44.67	13.097
3	4	4'54''	41.27	9.392

Die Einzelwerte (EW) des ersten Tages, Abbildung 1, in den ersten beiden Untersuchungen zeigen eine insgesamt breitflächige Verteilung in den Diagrammen ohne Bevorzugung bestimmter Reaktionszeiten. In der ersten Untersuchung dieses Tages wird der schlechteste Mittelwert (MW) im gesamten Farb-Farb-Test dieser Versuchsperson (VP) erreicht. In der dritten und vierten Untersuchung tritt dann eine zunehmende Verdichtung aller erreichten Reaktionszeiten (RZ) im Bereich zwischen 25 und 60 hundertstel Sekunden ein.
Am zweiten Tag (Abbildung 2) in der ersten und zweiten Untersuchung setzt sich die oben beschriebene Tendenz im Verhalten der Einzelwerte bei dieser VP weiter fort. Unter Beachtung der den Einzelversuchen angepaßten Skaleneinteilung auf der Ordinate ist dieser Sachverhalt aus den Diagrammen leicht zu entnehmen. Die Einzelwerte (EW) der letzten beiden Untersuchungen dieses Tages bieten keine spezifischen Veränderungen mehr.
Am dritten Untersuchungstag im zweiten Versuch fällt die Reaktionszeit auf das 21te Reizsignal auf. Solche einzelnen langsamen Reaktionen (100 hundertstel Sekunden) die deutlich aus dem Gesamtverlauf einer Meßreihe herausspringen werden als sogenannte "Ausreißer" bezeichnet. Die Gründe für solche kurzzeitig auftretenden langen Reaktionszeiten sind vielfältiger Natur und lassen sich nur in den allerwenigsten Einzelfällen einem bestimmten Störereignis während des Versuchsablaufs zuordnen. In der vierten Untersuchung des dritten Versuchstages (Abbildung 3) lassen sich schon in der Rohkurve relativ gleichmäßige Oszillationen, um die vom Mittelwert ausgehende Grundlinie erkennen.

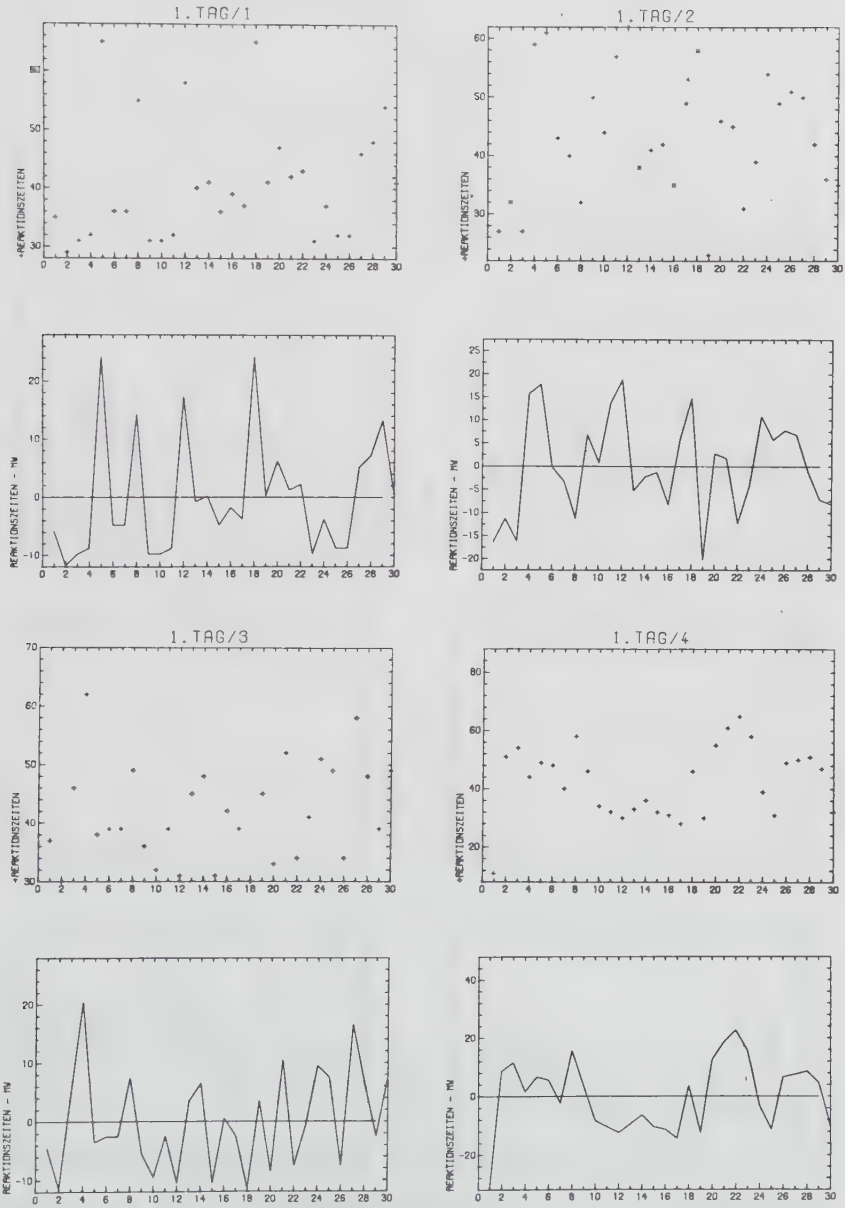


Abbildung 1: FF-Test; 1. Untersuchungstag; (VP 33)

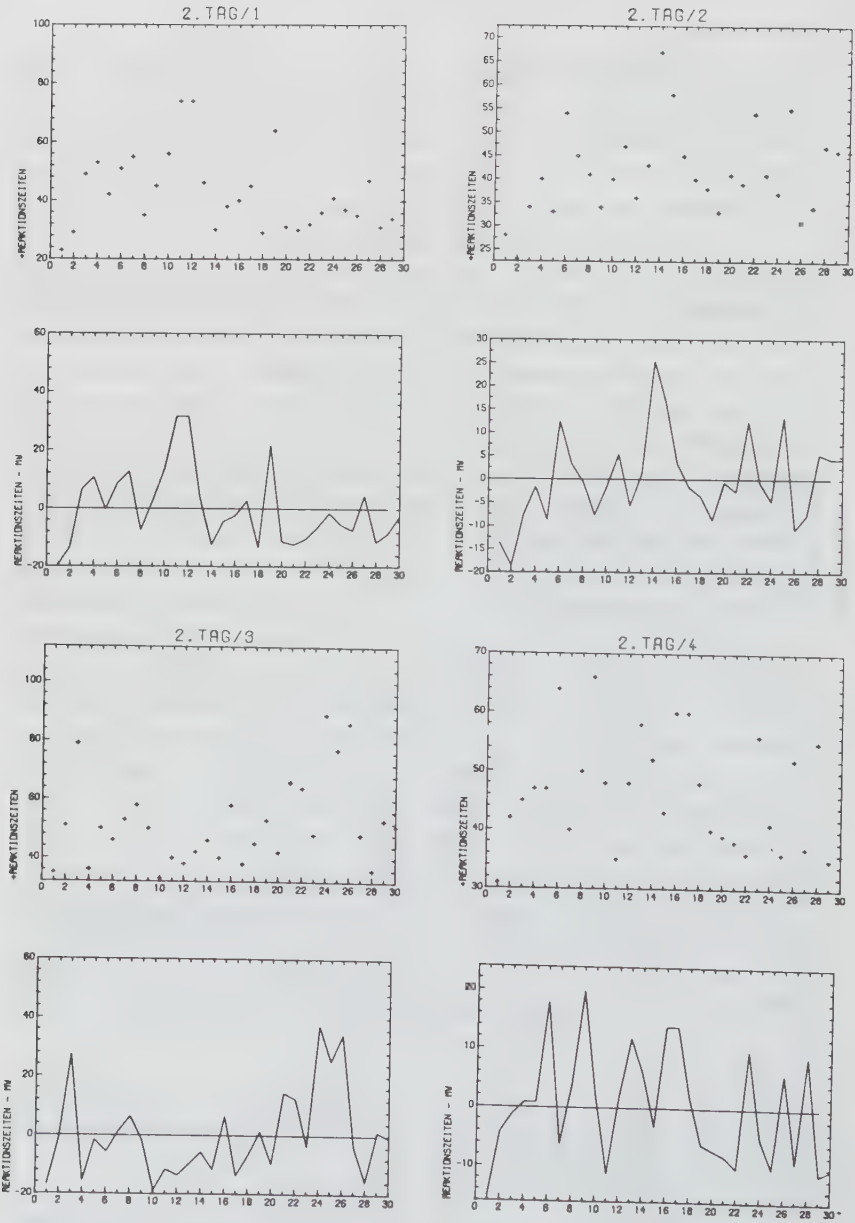


Abbildung 2: FF-Test; 2. Untersuchungstag; (VP 33)

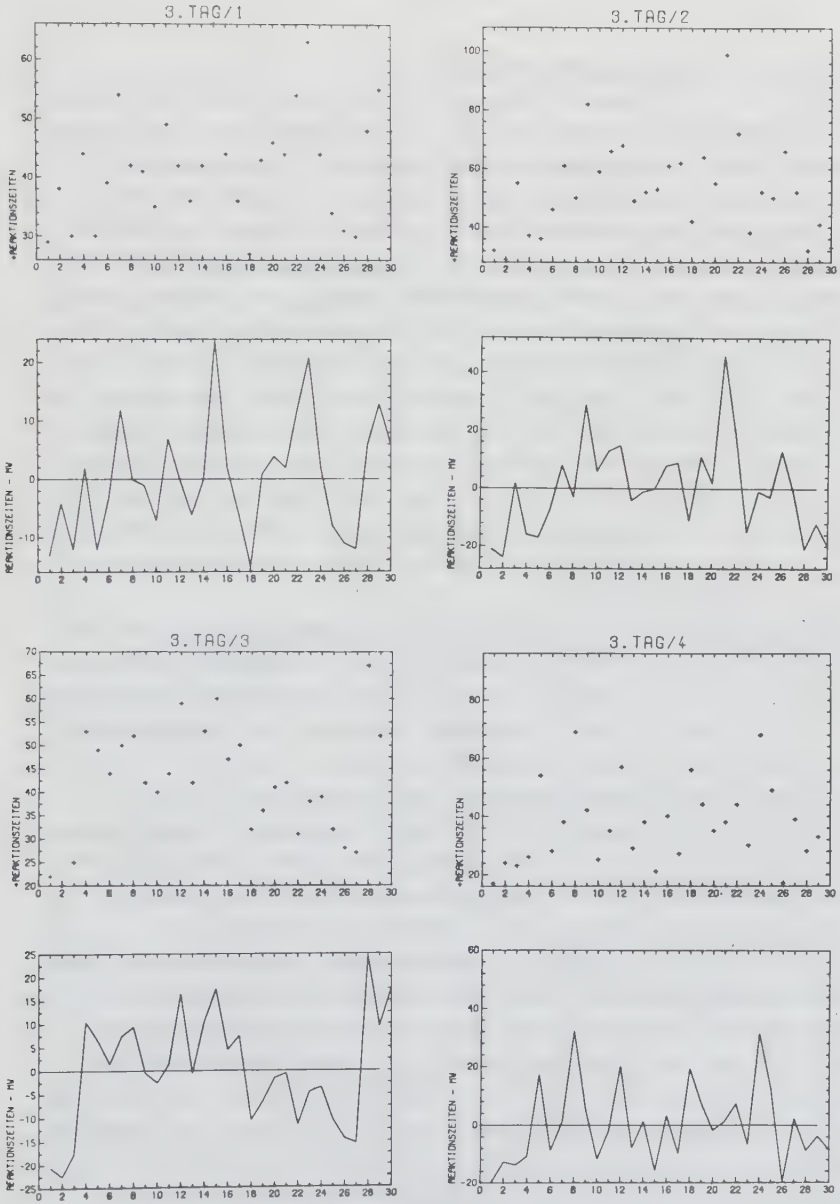


Abbildung 3: FF-Test; 3. Untersuchungstag; (VP 33)

3. Erläuterung der Leistungskurven

Der errechnete Mittelwert aus den Reaktionszeiten einer Untersuchung gibt keinen ausreichenden Aufschluß über den Verlauf der Leistung im Einzeltest, da die jeweilige Änderung der Reaktionszeit nur ungenügend zum Ausdruck kommt. Um differenziertere Aussagen über das Verhalten der psychiometrisch nur schwer erfaßbaren Leistungsparameter treffen zu können, sind quadratische Approximationsfunktionen verwendet worden, deren Verlauf eine optimale Näherung an alle Einzelwerte darstellt. Bei der optischen Auswertung dieser Parabeln ist besonders auf den Anfangs- und Endpunkt, auf den Grad der Kurvenkrümmung und auf die Verlaufsrichtung zu achten. Die Verwendung eines Koordinatensystems mit der Abszisse als Zeitachse und der Ordinate als Leistungsachse erlaubt sowohl eine qualitative als auch quantitative Erfassung der Leistungsänderung innerhalb eines Einzelversuches.
Liegt der Anfangspunkt einer Kurve über dem Endpunkt, so bedeutet dies, daß im Versuchsablauf eine Leistungssteigerung stattgefunden hat, die nur durch leistungsfördernde Einflüsse, wie bessere Motivation, Interesse, erhöhtes Vigilanzniveau oder auch Übung zustande gekommen ist.
Befindet sich der Endpunkt über dem Anfangspunkt so ist während des Versuchsablaufs ein Leistungsabfall eingetreten, der seine Ursache in leistungshemmenden Einflüssen, wie Desinteresse, verringertes Vigilanzniveau, Ermüdung oder ungünstige psychosomatische Disposition haben kann.
Der Grad der Kurvenkrümmung gibt Auskunft über die Größe des Leistungsanstiegs oder -abfalls in der Zeit. Die Lage des Krümmungsmaximums zeigt den Zeitpunkt eines Leistungshochs oder -knickes an. Die Beobachtung der Verlaufsrichtung ermöglicht eine Beurteilung des Leistungsverhaltens während des Versuchsablaufes. So kann unter Berücksichtigung der Lage des Anfangs- und Endpunktes festgestellt werden, ob in der Zwischenzeit bessere oder schlechtere Reaktionszeiten er-

reicht worden sind, sodaß auch die Relationen der Einzelleistungen zueinander abgelesen werden können. Die gemeinsame Darstellung aller Einzelkurven im Koordinatensystem eröffnet noch einige weitere Beurteilungsmöglichkeiten. Hier kann jetzt die Gesamtleistung und besonders das Leistungsverhalten in allen Untersuchungen nach Mono- und Kombinationstests getrennt für jeden Probanden abgeschätzt werden. Bei der Durchsicht der Kurven aller Versuchspersonen hat sich gezeigt, daß bei einer Gruppe die Einzelkurven dicht gedrängt im Koordinatensystem liegen. Die Probanden, für die sich dieses Merkmal nachweisen läßt, sind dem konstanten Leistungstyp zuzurechnen. Die Kurven der anderen Gruppe verhalten sich in umgekehrter Weise. Sie erscheinen im Diagramm auseinandergezogen und verstreut. Aufgrund dieser Merkmale sind dann solche Probanden dem inkonstanten Leistungstyp unterzuordnen. Ein kleiner Teil der Untersuchten (7 Vpn) läßt sich nicht sicher zu dem einen oder anderen Typ subsummieren, da die Kurvenverläufe zu sehr indifferent sind.
In den Abbildungen 4 - 7 sind sich die zwei Gruppen sowohl in den F- und T-Tests als auch in den FF- und FT-Tests gegenübergestellt worden. Auf der Ordinate sind die Reaktionszeiten in hundertstel Sekunden aufgetragen worden, während auf der Abszisse die Testdauer in 30 gleichen Skalenteilen aufgetragen worden ist. Diese 30 Skalenteile entsprechen bei den Monotests einer mittleren Testzeit von 3 Minuten und bei den Kombinationstests von 5 Minuten. Jedes Diagramm enthält 12 Einzelkurven, die sich aus den vier Untersuchungen der drei Versuchstage zusammensetzen. Jeder Kurve sind zwei der unten angegebenen Symbole zugeordnet worden, wodurch eine eindeutige Benennung gewährleistet ist:

Untersuchungstag / Untersuchung

1. = □	1. = +
2. = ◇	2. = ×
3. = ○	3. = ✳
	4. = ✳

Die gestrichelten Linien in den Zeichnungen stellen eine willkürlich gewählte Begrenzung eines Teilstückes der Gesamtversuchsdauer dar. Dieser markierte Bereich entspricht in seiner Länge dem mittleren 2/3 der jeweiligen Versuchszeit. Durch Parallelverschiebung zur Abszisse ist der obere und untere Schnittpunkt der beiden Hilfslinien mit den entsprechenden äußeren Begrenzungskurven ermittelt worden. Der Abstand der beiden parallelen Hilfslinien ist als ein Maß für die Stabilität und Kontinuität des mittleren Teilabschnittes der Gesamtkurven definiert. Je geringer der Abstand um so konstanter ist die Leistung zu bewerten. Umgekehrt gilt, je weiter die Hilfslinien voneinander entfernt sind, desto inkonstanter ist die Leistung des Probanden innerhalb des Untersuchungszeitraumes.

a) Konstanter Leistungstyp (KL)

Die oben erläuterten charakteristischen Kurvenverläufe treten mit gleicher Häufigkeit und Ausprägung sowohl bei den Monotests (F ; T) als auch bei den Kombinationstests (FF ; FT) auf. In der folgenden qualitativen Beschreibung wird aufgrund dieser, aus den Abbildungen zu entnehmenden, Gegebenheit keine Unterscheidung mehr getroffen.
Der konstante Leistungstyp zeichnet sich in erster Linie durch geringe Lageunterschiede der Anfangs- und Endpunkte der Kurven aus. Der Grad der Krümmung ist gering, bisweilen finden sich in der Kurvenschar auch einige Geraden mit geringer Steigung. Der Verlauf der meisten Kurven zeigt an, daß eine Leistungssteigerung und damit kurze Reaktionszeiten nach Ablauf der halben Versuchszeit erreicht werden. Die Kurvenmaxima sind ebenfalls zwischen der ersten und zweiten Testhälfte lokalisiert.
Die Kurvenschar ist dicht gedrängt und zeigt eine ganze Reihe von Knotenpunkten. Der Abstand der Hilfslinien ist gegenüber der anderen Gruppe klein.
Es ist aus diesen Verlaufsbildern zu schließen, daß die Pro-

banden dieses Leistungstyps ein stabiles Vigilanzniveau besitzen und eine gute Motivation zur Lösung der Aufgaben mitgebracht haben.

b) Inkonstanter Leistungstyp (IL)

Für die Beschreibung dieses Leistungstyps gelten die gleichen Modalitäten wie für den konstanten Leistungstyp.
Hier steht im Vordergrund der zum Teil sehr große Lageunterschied zwischen den Anfangs- und Endpunkten der Kurven im Diagramm. Es können sowohl deutliche Leistungsanstiege gegenüber der Anfangsleistung als auch rapide Leistungsabfälle im gleichen Maße beobachtet werden. Die Anfangspunkte und somit auch die dazugehörigen Kurven liegen weit auseinander und schließen eine große Anzahl breitgestreuter Reaktionszeiten ein.
Der Grad der Kurvenkrümmung ist in der Regel stark und einzelne Kurventeile weisen eine deutliche Steigerung auf. Der Verlauf der Kurven veranschaulicht, daß bei diesen Vpn sowohl extreme Leistungssteigerungen als auch große Leistungsabfälle in jeder Phase der Untersuchung vorgekommen sind. Die Kurvenmaxima, die eine Leistungssteigerung gegenüber der Anfangsleistung anzeigen, liegen meistens in der ersten Versuchshälfte.
Die Kurvenschar ist im Diagramm breitflächig verteilt, es treten kaum Knotenpunkte als Maß der Dichte in Erscheinung. Der Abstand der Hilfslinien ist groß im Verhältnis zu denen der ersten Gruppe. Zusammenfassend kann über die Probanden, die dem inkonstanten Leistungstyp (IL) zuzuordnen sind, gesagt werden, daß sie ein labiles Vigilanzniveau besitzen und daß für die Bewältigung der Testaufgaben keine starke Motivation vorhanden gewesen ist.
Die Abbildungen 4 - 7 beinhalten die im vorstehenden Text erläuterten Merkmale. Für jede einzelne Testart getrennt sind in der oberen Hälfte der Abbildungen je zwei Diagramme von Probanden die zum konstanten Leistungstyp (KL) gehören und in der unteren Bildhälfte je zwei charakteristische Kurvenverläufe von inkonstanten Leistungstypen (IL) gegenübergestellt.

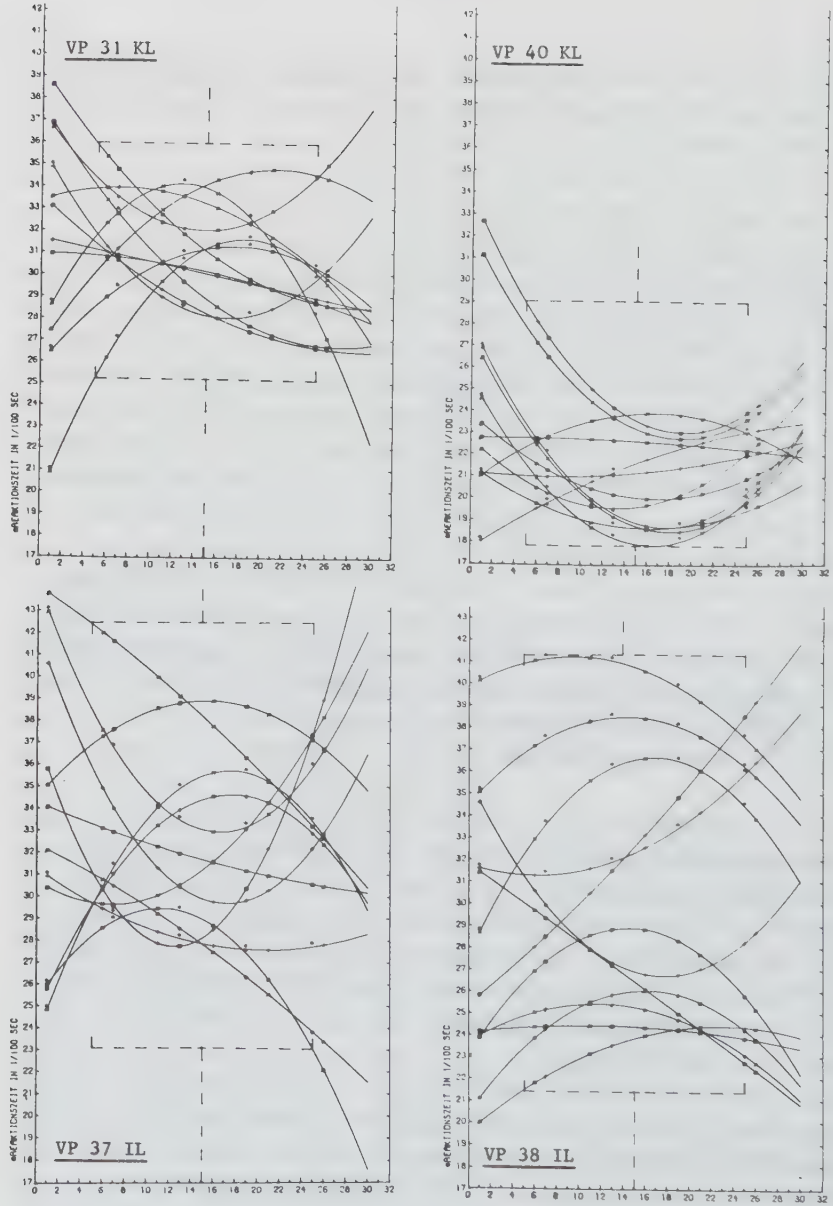


Abbildung 4: Leistungskurven Farb-Test

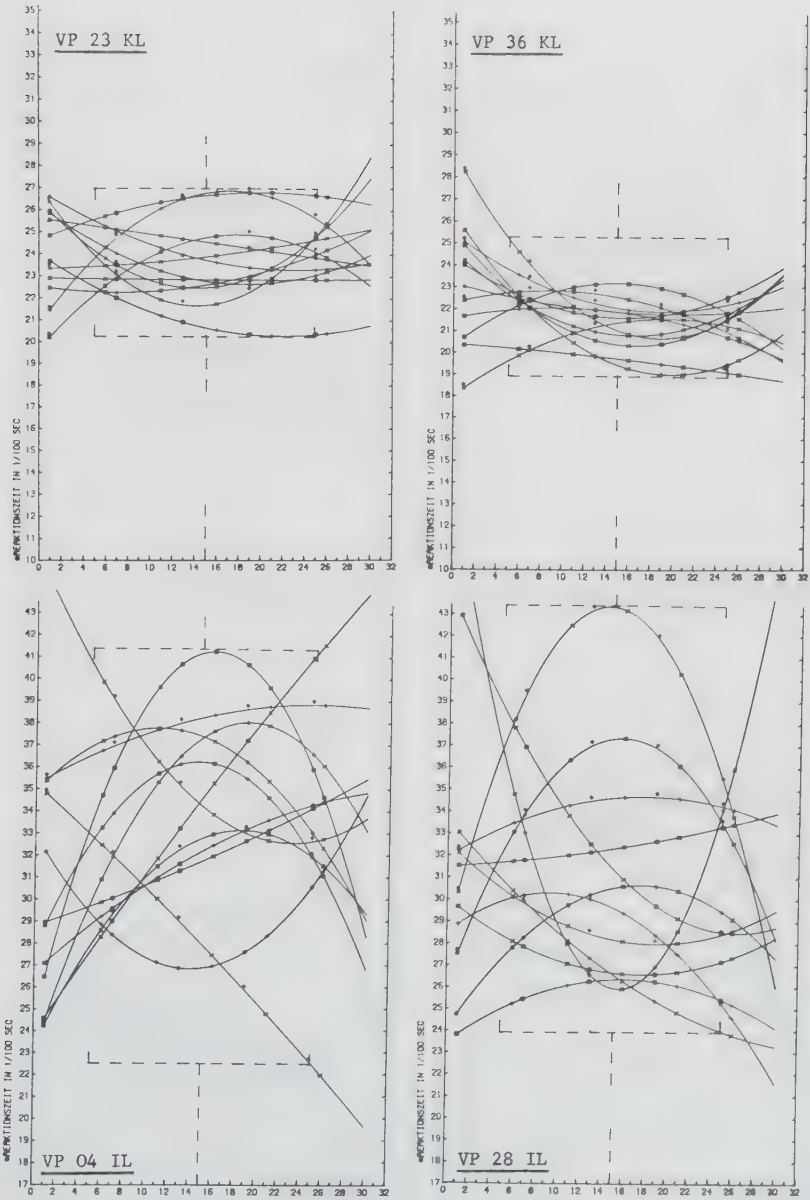


Abbildung 5: Leistungskurven Ton-Test

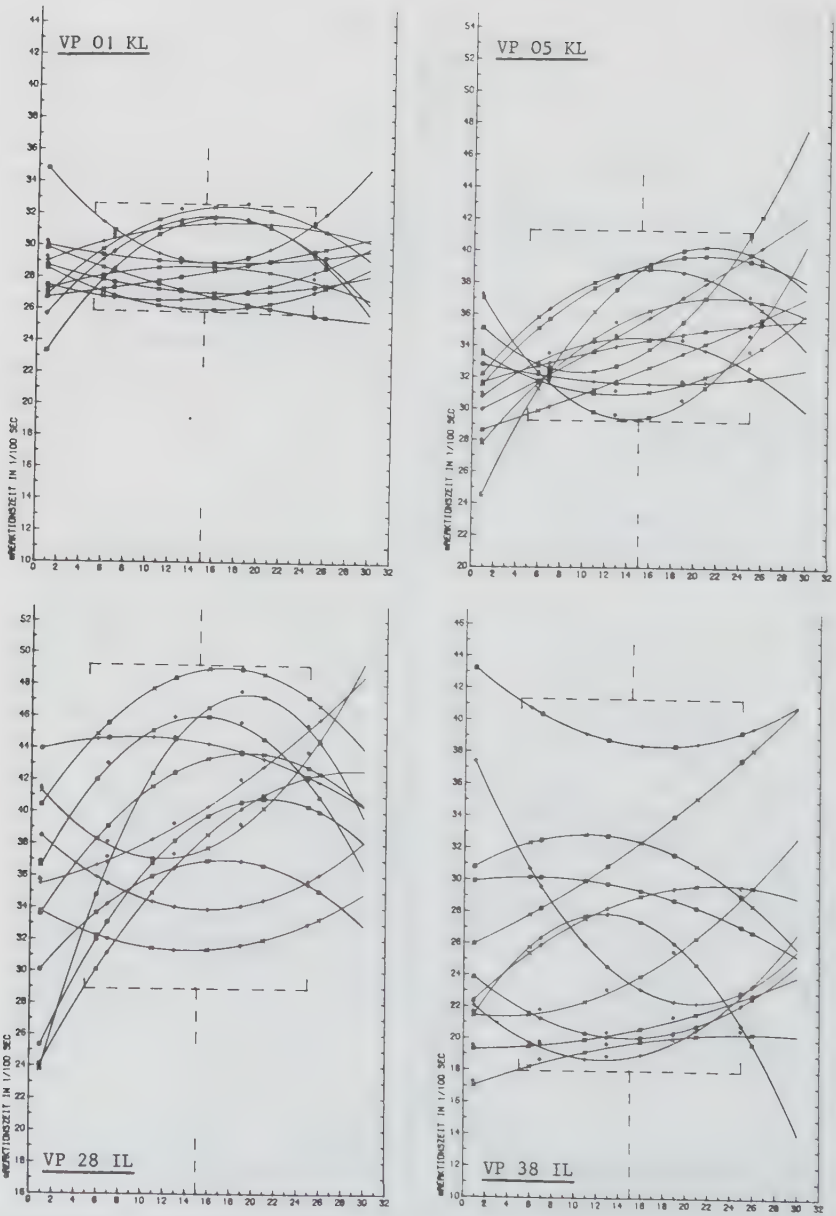


Abbildung 6: Leistungskurven Farb-Farb-Test

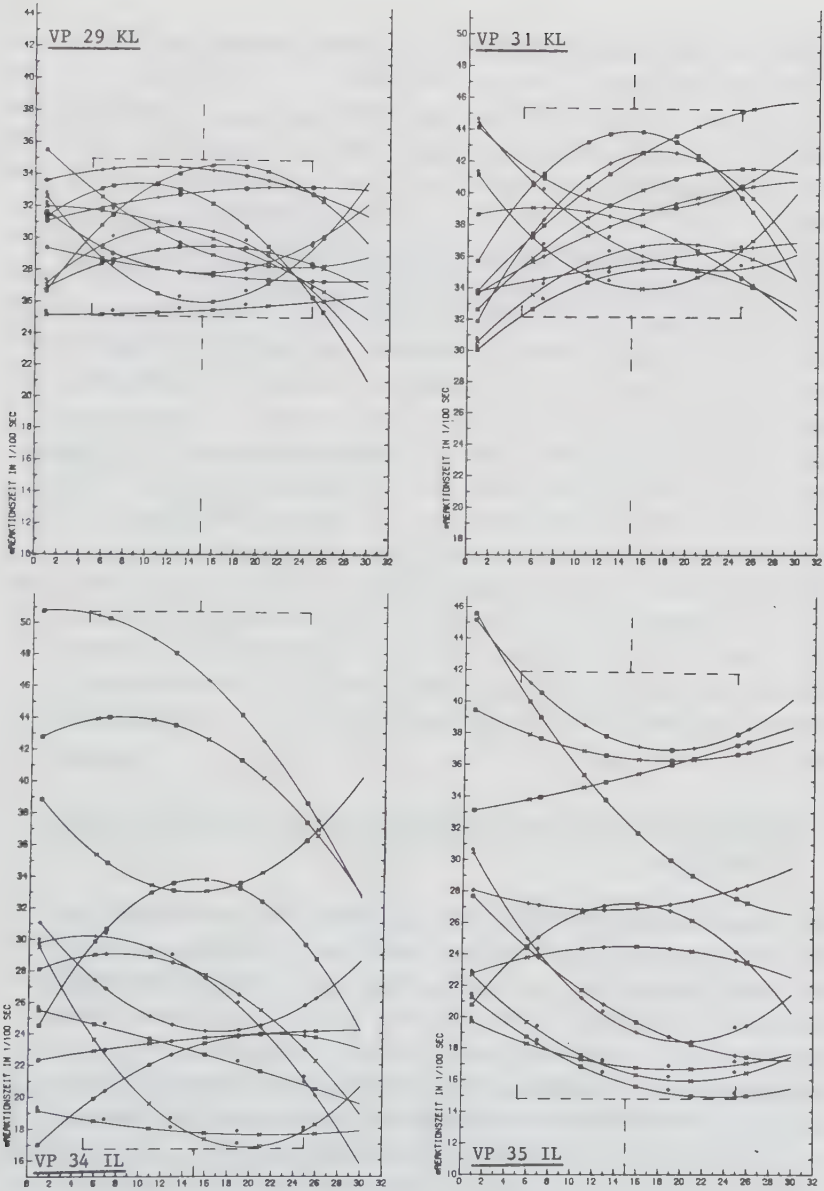


Abbildung 7: Leistungskurven Farb-Ton-Test

c) Einfluß der Testzeiten auf die Gesamtleistung der Versuchspersonen

Aus dem Verlauf der Leistungskurven können auch gezielte Aussagen zu der Versuchsdauer gemacht werden. Unter Beachtung der verschiedenen Testzeiten der Mono- und Kombinationstests läßt sich aus der Kurvenschar ersehen, daß keine starke Ermüdung der Probanden während der drei beziehungsweise fünf Minuten dauernden Untersuchungen eingetreten ist.
Bei dem konstanten Leistungstyp tritt gegen Versuchsende kein Leistungsknick auf, denn die Kurven behalten ihren flachen Verlauf über alle 30 Einzelmessungen hinaus. Der inkonstante Leistungstyp fällt durch starke Kurvenkrümmung zum Versuchsende hin auf, doch hält sich bei diesen Probanden die Tendenz zum Leistungsabfall wie auch zum Leistungsanstieg die Waage. Die Tests, die fünf Minuten gedauert haben, zeichnen sich jedoch durch eine höhere Labilität der Kurvenverläufe zum Schluß hin aus, sodaß aufgrund einer optimalen Auswertung, wie schon im Abschnitt B/I.1.d beschrieben, eine obere Zeitgrenze für diese Versuchsanordnung bei den angegebenen Zeiträumen gesehen werden muß. Die hier geschilderten Zusammenhänge können ohne weiteres aus den Abbildungen 4 - 7 entnommen werden.

4. Nachweis und Analyse von Periodizitäten in den Reaktionszeiten (RZ)

Der Beschreibung und Abbildung der Ergebnisse mit den typischen Kurven soll eine kurze einführende Erläuterung der Rechenverfahren und die Darstellung der entsprechenden Formeln vorausgeschickt werden, wobei jedoch kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden kann. Zum Studium der mathematischen Hintergründe muß auf die im Literaturverzeichnis zusammengestellte Fachliteratur verwiesen werden (JENKINS and WATTS, 1968; NICHLOSON, 1971; SMIRNOW, 1975). Die Reihenfolge dieser Ausführungen entspricht dem schrittweisen

Ablauf der durchgeführten Rechenoperationen, sie ist auch in den Einzelabbildungen eingehalten worden.
Ausgangspunkt für die Periodenanalysen sind die Werte der im Abschnitt B/II.2.a wiedergegebenen Kurven mit der vom Mittelwert ausgehenden Grundlinie und den entsprechenden Reaktionszeiten. Die Berechnungen sind für jede einzelne Testkonstellation (F-, T-, FF-, FT-Test) sowie für die Placebo- und Verum-Gruppe getrennt durchgeführt worden. Folgende allgemeine Symbole und Kurvenmomente erscheinen in den Formeln (die mit ✳ markierten Ausdrücke sind ausgeplottet worden und somit Gegenstand der Abbildungen):

<u>Meßwerte:</u> $\overset{*}{x_\nu}, \nu = 0 \ldots n$ in $t_\nu = t_o + \Delta \cdot \nu$

$x(t_\nu) = x_\nu$

$T = t_n - t_o, \quad \Delta = \frac{T}{n}$

$f_\mu = \frac{\mu}{T} = \frac{\mu}{n\,\Delta}, \quad \frac{\mu}{n} = \Delta \cdot f_\mu$

$m = \left[\frac{n}{2}\right]$

<u>Momente</u>

Mittelwert $(MW) = \frac{1}{n} \sum_{\nu=1}^{n} x_\nu \qquad \overset{*}{XN_\nu} = x_\nu - MW = \overset{\circ}{x}_\nu$

Streuung $(ST) = \frac{1}{n-1} \sum_{\nu=1}^{n} (x_\nu - MW)^2$

Autokovarianz $(AC\varphi) = \frac{1}{n-1} \sum_{\nu=1}^{n-1-\nu} (x_\nu - MW)(x_{\nu+\varphi} - MW)$

$\overset{*}{}$Autokorrelation $(AK\varphi) = AC\varphi / ST$

Im ersten Rechenschritt sind Autokorrelationen erstellt worden. Dieses Verfahren kann periodische Schwankungen aus einem beträchtlich großen Rauschpegel, der immer bei psychiome-

trischen Messungen aufgrund der schon beschriebenen Einflüsse vorhanden ist, deutlich herausheben. Die verschiedenen Werte einer Zeitfunktion zu verschiedenen Zeitpunkten werden miteinander multipliziert. Konvergiert das Integral über dem Produkt der beiden Funktionen bei wachsender Zeit (T) gegen Null, so bedeutet dies, daß die untersuchte Funktion keine Periodizitäten enthält. Insofern ähnelt dieses Verfahren der Mittelwertbildung mit dem einzigen Unterschied, daß dort additiv, hier jedoch multiplikativ gemittelt wird. Enthält die Funktion jedoch Periodizitäten, so erscheinen diese als Funktion der eingestellten Zeitfunktion (KEIDEL, 1972).
Die durch Autokorrelationen gewonnenen periodischen Funktionen sind dann mit Hilfe der Fourier-Reihen untersucht und in ihren Frequenzanteilen analysiert worden. Es gilt für ein festes Zeitintervall (window) die Formel:

$$\underline{\text{Fourier:}}\ x_\nu = \sum_{\mu=-m}^{m} R_\mu e^{\frac{2\pi}{n} \cdot i \cdot \mu \cdot \nu} \quad , \ R_{-\mu} = \bar{R}_\mu$$

$$R_\mu = \frac{1}{n} \sum_{\nu=0}^{n-1} x_\nu e^{\frac{2\pi}{n} \cdot i \cdot \mu \cdot \nu} \quad , \ R_{-\mu} = \bar{R}_\mu$$

Die Größe des Zeitintervalls und die Zahl der analysierbaren Frequenzen ist abhängig von der Anzahl der Einzelwerte (N) und dem zeitlichen Abstand zweier aufeinanderfolgender Signale (Δ).
Die tiefste noch erfaßbare Frequenz (Grundfrequenz f_1) wird durch den Ausdruck

$$f_1 = \frac{1}{N \cdot \Delta} \ , \ T_1 = N \cdot \Delta$$

beschrieben.
Die höchste noch darstellbare Frequenz (f_n) wird nach der Formel

$$f_n = \frac{1}{2 \cdot \Delta} \ , \ T_n = 2 \cdot \Delta$$

berechnet.

Die mit der Fourier-Analyse ermittelten Frequenzkomponenten der Ausgangskurven sind in Form eines Spektrums nach dem Ausdruck

$$\overset{*}{SP}(f) = T \cdot \left[R(f)\right]^2 = \frac{1}{T}\left[\sum\left[x(t)-M\right]e^{-2\pi \cdot i\,(t_v - t_o)f} \cdot \Delta\right]^2$$

$$SP(f) = \Delta \sum_{\varphi=-n+1}^{n-1} AC_\varphi e^{-2\pi \cdot i \cdot f \cdot \Delta \cdot \varphi} = 2\Delta \sum_{\varphi=1}^{n-1} AC_\varphi \cos\left(2\,\frac{\pi}{n \cdot \varphi} \cdot T \cdot f\right)$$

gezeichnet worden. Dabei sind auf der Abszisse in den folgenden Abbildungen immer die Frequenzen als sogenannte K-Werte (K_1 - K_{15}) aufgetragen worden. Es gilt dabei K_1 = untere Grenzfrequenz (lange Periodendauer) K_{15} = obere Grenzfrequenz (kurze Periodendauer). Auf der Ordinate ist die relative Ausprägung der jeweiligen Frequenzen innerhalb der Bandbreite zu finden. Der Grad der Ausprägung kann an der Länge der zugehörigen Spektrallinie abgelesen werden. Diese Spektren sind für jede einzelne Untersuchung der drei Versuchstage berechnet worden. Die Spektren aller Tage sind dann in einem gemittelten Spektrum zusammengefaßt worden.

Die Frage, ob die durch die Spektrallinien veranschaulichten Frequenzen tatsächlich über einem Rauschpegel liegen, ist durch die Verwendung der White-Noise-Tests beantwortet worden.

White-Noise-Test

für das integrierte Spektrum IS (siehe unten) soll gelten:

$$\overset{*}{IS}(f_k) = 2\Delta S T^2 f_k$$

Mit diesem Test kann ermittelt werden, ob benachbarte Punkte (K-Werte) einer Zeitfunktion zufällig sind. Die Zusammenhänge können in den integrierten Spektren, die hier nach der allgemeinen Formel:

Integriertes Spektrum

$$IS^{*}(f_k) = \frac{1}{n \cdot \Delta} \sum_{\mu=-k}^{k} SP(f_\mu) = \frac{2}{n \cdot \Delta} \sum_{\mu=1}^{k} SP(f_\mu)$$

geplottet worden sind, eingesehen werden. Jedes dieser Spektren enthält eine vom Null-Punkt ausgehende theoretische Linie. Parallel zu dieser Geraden verlaufen die, nach der Kolmogoroff-Smirnowschen-Verteilung festgelegten, oberen und unteren Vertrauensgrenzen. Die 75%-Grenzen sind in den Abbildungen immer gestrichelt (---) gezeichnet, während die 99%-Grenzen als durchgezogene Linien (——) erscheinen. Jede Frequenz des allgemeinen Spektrums wird hier durch einen Punkt repräsentiert, dessen Lage vorher berechnet worden ist. Ist der λ-Wert der Verteilung für die einzelne Frequenz über den definierten Grenzen, so bedeutet dies, daß hier die Bedingung für den White-Noise-Test nicht mehr erfüllt ist und damit die betreffende Frequenz "Überzufällig" ist und nicht als ein Produkt eines allgemeinen Rauschprozesses gewertet werden darf.

a) Ausprägung und Verlauf der analysierten Frequenzen in den Spektren der Einzeluntersuchungen

Die Abbildungen 8 - 10 zeigen die Ergebnisse der Frequenzanalyse der Einzeluntersuchungen aller Versuchstage eines Farb-Farb-Tests (FF). An Hand der ausgewählten Zeichnungen eines Probanden lassen sich die Resultate allgemein erläutern, da die Tendenz dieser Spektren der des untersuchten Gesamtkollektives entspricht. Die Versuchsperson ist nach den unter Punkt B/II.2 genannten Kriterien dem konstanten Leistungstyp zuzuordnen.
Jeweils eine Abbildung enthält die Ergebnisse der vier Untersuchungen eines Versuchstages, bestehend aus der entsprechenden Autokorrelationsfunktion, dem Frequenzspektrum und dem integrierten Spektrum.
Die Abbildung 8 enthält die Untersuchungen des ersten Tages. In der ersten Untersuchung (1./FF 1) zeigt die Autokorrela-

tionskurve nur kleine Oszillationen um die Grundlinie. Die Frequenzanalyse ergibt ein breites Spektrum, bestehend aus hohen und tiefen Frequenzen von geringer Ausprägung. Das integrierte Spektrum weist aus, daß nur die Frequenzen mit den K-Werten 1, 4 und 9 über der 99%-Grenze liegen.
Bei der zweiten Untersuchung des ersten Tages lassen sich in der Autokorrelationskurve diskrete Schwingungen erkennen. Im Frequenzspektrum tritt eine deutliche Rarifizierung der einzelnen Frequenzen ein. Die Frequenz mit dem K-Wert = 4 hebt sich deutlich von der Basis ab, bildet in diesem Diagramm das Maximum und erreicht die stärkste Ausprägung. Das integrierte Spektrum belegt die "Überzufälligkeit" dieser Frequenz im oben beschriebenen Sinne.
In der dritten Untersuchung desselben Tages (1./FF 3) fallen wieder kleine schnelle Schwingungen um die Grundlinie im zugehörigen Diagramm ins Auge. Die Frequenzanalyse zeigt das Auftreten mehrerer Frequenzen nebeneinander von geringer Ausprägung an. Dieses Ergebnis findet seine Bestätigung im integrierten Spektrum.
In der Autokorrelationskurve der letzten Untersuchung des ersten Tages (1./FF 4) sind einige grundlegende Besonderheiten zu erkennen. Im Diagramm ist zu sehen, daß die Reaktionszeiten im ersten Drittel der Autokorrelationskurve nur oberhalb der Grundlinie zu finden sind im letzten Teil der Kurve nur gehäuft unterhalb des Mesors zu liegen kommen. Werden nun die Reaktionszeiten in dem Diagramm über die Hilfslinie kontinuierlich miteinander verbunden, so ist zu erkennen, daß im vorderen Abschnitt der Kurve die Schwingungen nur mit ihren unteren Amplitudenspitzen, die Schwingungen im hinteren Teil der Kurve gar nicht oder nur mit ihren oberen Amplitudenspitzen die Grundlinie erreichen. Da die Frequenzanalyse auf dem Vergleich der Flächengröße unter den umhüllenden Kurven und der Grundlinie basiert, fallen die zwei großen Flächen über und unter dem Mesor besonders ins Gewicht. Die errechnete Hüllkurve um die beiden oberen und un-

teren Flächen hat den Charakter einer einzigen Sinusschwingung in der gesamten Testzeit mit der Grundfrequenz (f_1), die im abgebildeten Frequenzspektrum auch signifikant erscheint. Dieses Kurvenbild kommt jedoch nur dadurch zustande, daß der vom Mittelwert ausgehende Mesor sich nicht den teilweise nur kleinen Leistungsschwankungen in den aufeinanderfolgenden Reaktionszeiten anpassen kann (s.a. Abschn. B/II.2). Die dann im Spektrum erscheinenden tiefen Frequenzen (K-Wert = 1) hoher Ausprägung leiten sich in der Regel aus den dargelegten Zusammenhängen ab. Die Aussagekraft dieser Frequenzen im Bezug auf tatsächliche Leistungsschwankungen ist deshalb sehr eingeschränkt. Neben der tiefen Frequenz tritt noch eine höhere auf mit dem K-Wert = 7. Mit dieser Frequenz wird die größte Ausprägung im Spektrum für den ersten Untersuchungstag erreicht. Durch das integrierte Spektrum veranschaulichte Ausgang des White-Noise-Tests ist aufgrund des beschriebenen Frequenzmusters negativ.

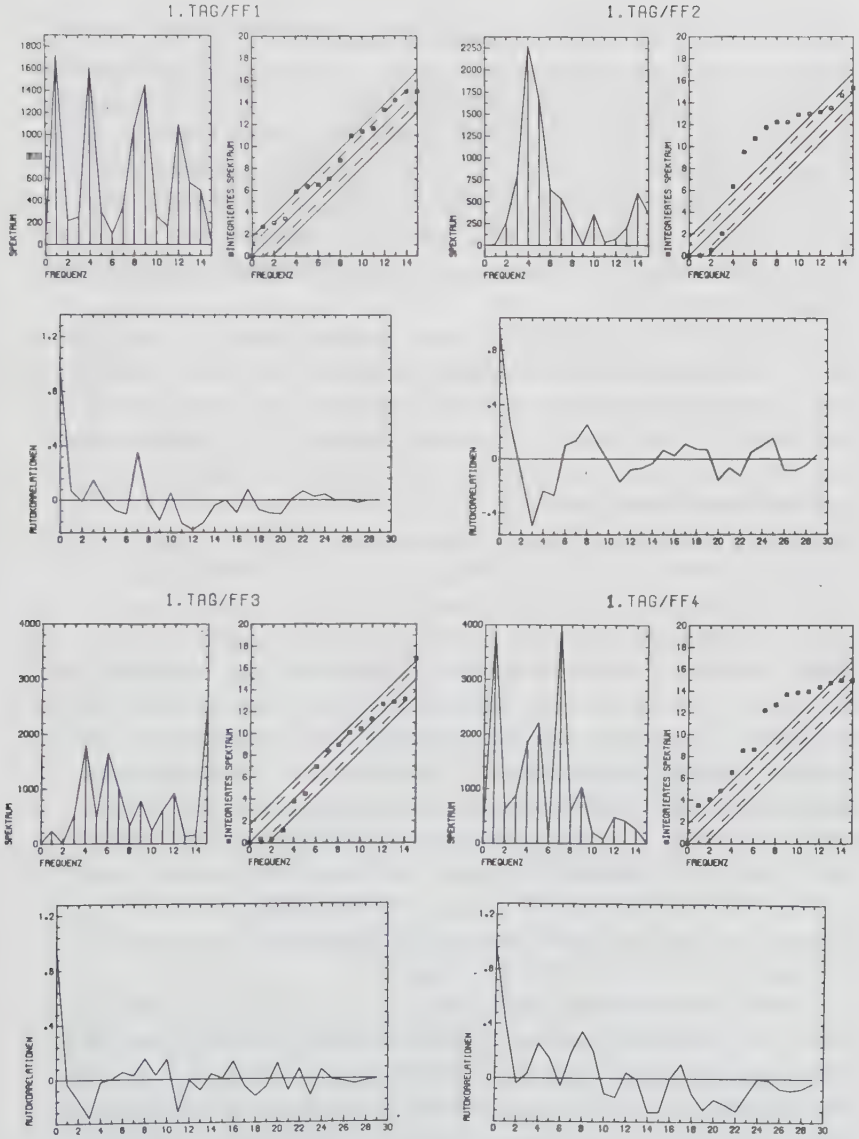


Abbildung 8: 1. Untersuchungstag; Frequenzmuster (VP 24)

Die erste Untersuchung des zweiten Tages (2./FF 1) bringt bezüglich der Autokorrelationen und der Frequenzanalyse fast analoge Ergebnisse zum ersten Versuchstag. Es treten sowohl tiefe als auch hohe Frequenzen innerhalb des darstellbaren Frequenzfensters (window) auf. Die Ausprägung im Spektrum, ersichtlich aus der Länge der Spektrallinien ist hier allerdings doppelt so groß wie am ersten Untersuchungstag. Das integrierte Spektrum spiegelt ebenfalls die beschriebenen Verhältnisse wider.
In der zweiten Untersuchung dieses Versuchstages (2./FF 2) ist in der Autokorrelationskurve im Mittelteil eine natürliche unbereinigte Schwingung zu erkennen. Die Frequenzanalyse stellt eine einzelne Frequenz (K-Wert = 4) deutlich heraus, die dann auch zwangsläufig im integrierten Spektrum über der 99%-Grenze liegt.
Die Ergebnisse der dritten Untersuchung (2./FF 3) führen zu einer nur schwach um die Grundlinie oszillierenden Autokorrelationskurve. Es tritt eine große Anzahl von hohen und tiefen Einzelfrequenzen in Erscheinung. Bei insgesamt für diesen Tag nur flachem Spektrum ist wiederum die Frequenz mit dem K-Wert 4 überzufällig im integrierten Spektrum. Für diese Untersuchung muß eine gewisse Einschränkung der Allgemeingültigkeit vorgenommen werden. Aufgrund der Auswertung der Ergebnisse anderer Probanden ist festzustellen, daß in der Regel zu diesem Untersuchungszeitpunkt Spektren zu finden sind, die eine einzelne Frequenz mit hoher Ausprägung beinhalten. Um die Kontinuität dieser Beschreibung nicht zu stören, ist auf die Abbildung eines typischen Kurvenbildes an dieser Stelle verzichtet worden.
Die vierte Untersuchung des zweiten Tages (2./FF 4) fällt durch das Auftreten markanter periodischer Schwingungen im Autokorrelationsdiagramm auf. Die Frequenz (K-Wert = 4) dieser Perioden erreicht im Spektrum die höchsten Werte. Die Nebenfrequenzen zeigen relativ geringe Ausprägung. Die Versuchsperson hat bei dieser Untersuchung die höchsten Werte

auf der Spektralskala von allen Untersuchungen der drei Versuchstage.
Im integrierten Spektrum kommt der typische negative Ausgang eines White-Noise-Tests zur Darstellung. Während die K-Werte für die tiefen Frequenzen noch innerhalb der definierten Grenzen liegen, kommt es bei dem K-Wert = 4 zu einem Sprung über die 99%-Grenze, was die "Überzufälligkeit" der folgenden Frequenzen beweist.

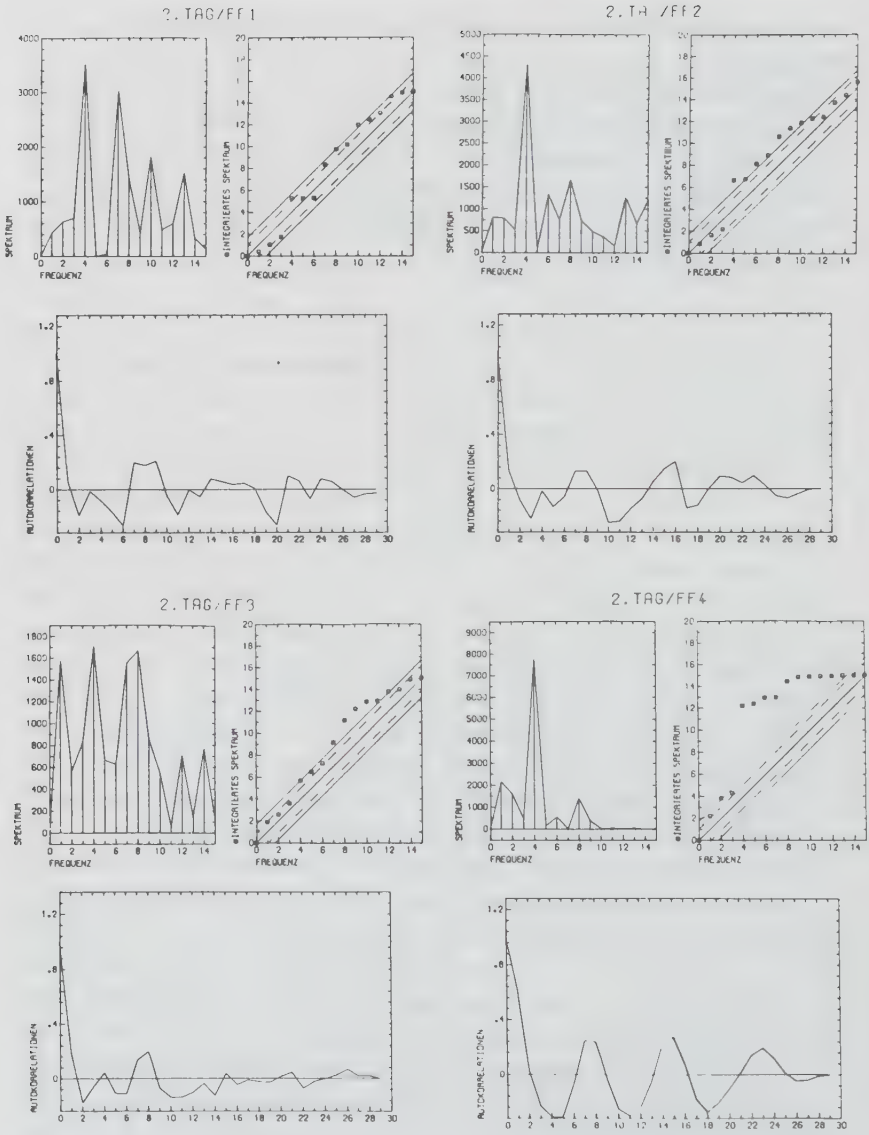


Abbildung 9: 2. Untersuchungstag; Frequenzmuster (VP 24)

Die Autokorrelationskurve der ersten Untersuchung des dritten Versuchstages (3./FF 1) läßt bei der optischen Auswertung keine Periodizität erkennen. Mit Hilfe der Frequenzanalyse kann eine starke Ausprägung der Grenzfrequenz nachgewiesen werden, deren Entstehung auf die schon oben genannten Bedingungen zurückgeführt werden muß. Das Auftreten und Verhalten der anderen Frequenzen dieser Untersuchung entspricht ansonsten dem der vorherigen zeitgleichen Untersuchungen der ersten zwei Tage. Unter Berücksichtigung der variablen Skaleneinteilung erreichen sowohl die hohen als auch tiefen Frequenzen eine regelrechte Ausprägung im betreffenden Spektrum. Für einen Teil dieser Frequenzen kann die "Überzufälligkeit" (99%-Grenze) im integrierten Spektrum nachgewiesen werden.
In der zweiten Untersuchung des letzten Versuchstages (3./FF 2) ist im Autokorrelationsdiagramm wieder eine periodische Schwingung sichtbar. Anhand der dargestellten Frequenzanalyse ist das Hervortreten einer Frequenz (K-Wert = 4) erkennbar, während Nebenfrequenzen nicht die gleiche Höhe im Spektrum erlangen. Das integrierte Spektrum ist dem Ergebnis entsprechend verändert.
Die vorletzte Untersuchung des dritten Tages (3./FF 3) bringt kurze schnelle Wechsel im Verlauf der Autokorrelationskurve. Es errechnet sich hier eine hohe Frequenz mit dem K-Wert von 10, die die obere Grenzlinie (99%) deutlich überschreitet.

Die vierte Untersuchung des dritten Versuchstages (in Abbildung 10 dargestellt) zeigt im Autokorrelationsdiagramm niederfrequente Schwingungen, die immer wieder durch Schwingungen mit hohen Frequenzen überlagert werden. Im Frequenzspektrum kommt dieser Sachverhalt zur Darstellung, denn in einem Spektrum mit hohen Werten auf der Skala finden sich zwei Häufigkeitsgipfel. Die eine Häufung ist, um die Frequenz mit dem K-Wert = 4 zu beobachten, während die andere um die Frequenz mit dem K-Wert = 12 erkennbar ist.

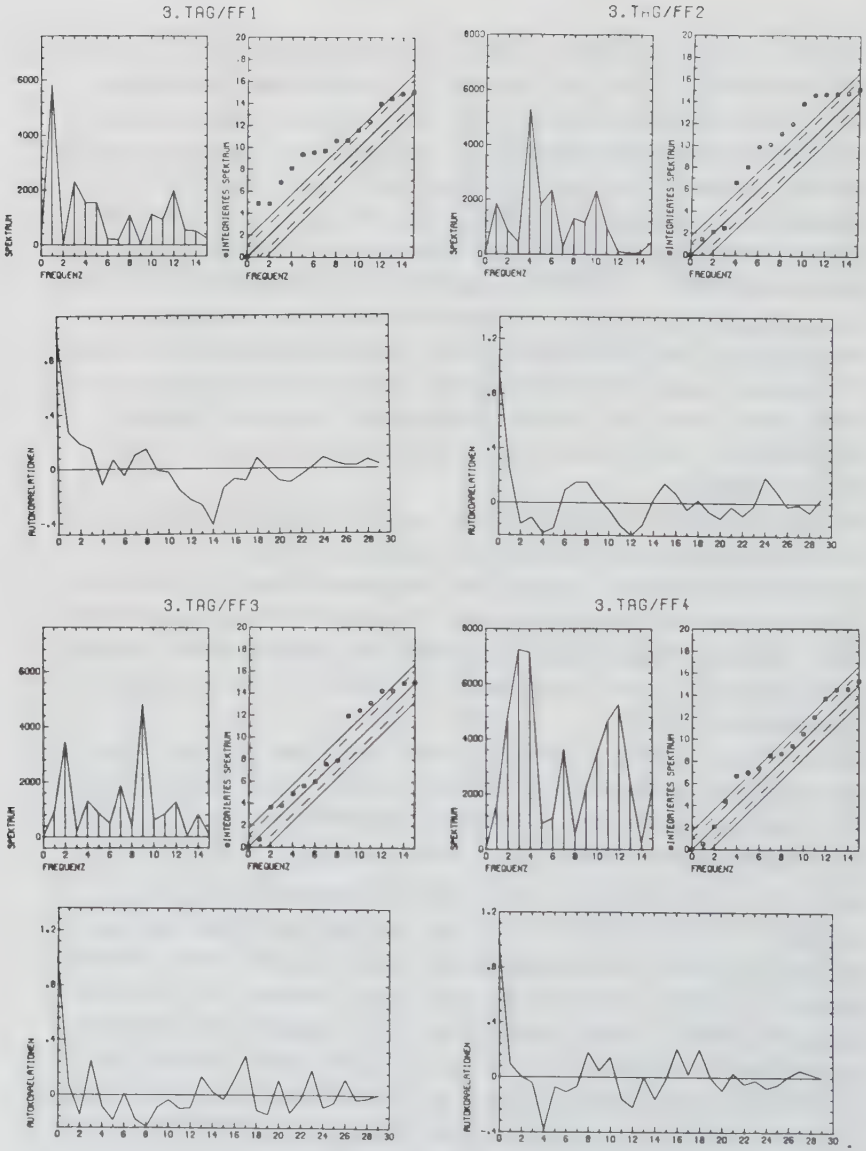
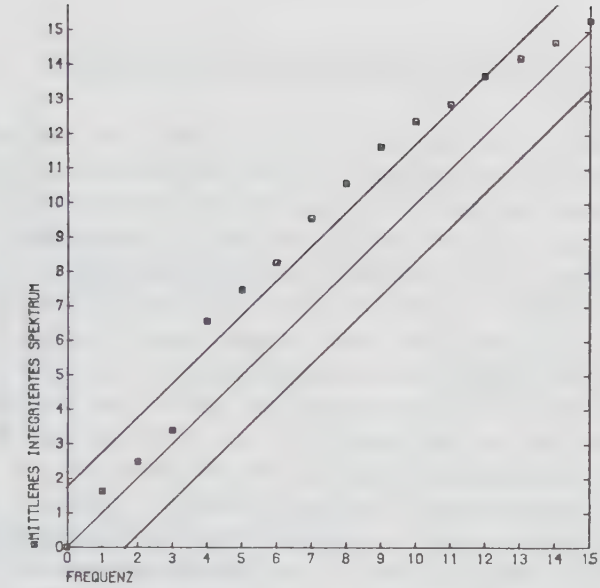


Abbildung 10: 3. Untersuchungstag; Frequenzmuster (VP 24)

Abschließend läßt sich über die allgemeinen Veränderungen der Frequenzen während des gesamten Untersuchungszeitraumes feststellen, daß die jeweiligen ersten Untersuchungen der drei Tage ein breitgefächertes Frequenzmuster bieten, ohne Verschiebungen zu bestimmten tieferen oder höheren Frequenzen. Die zweite Untersuchung der entsprechenden Versuchstage ergibt ein ganz anderes Verlaufsbild. Hier verlieren die meisten Frequenzen an Ausprägung im Spektrum zugunsten einer einzelnen dominanten Frequenz, die dann im Spektrum mehr oder weniger deutlich in Erscheinung tritt. Die letzten Untersuchungen lassen bezüglich des Frequenzverhaltens keine verallgemeinernden Aussagen über die Frequenz mehr zu, da die Verläufe nur noch individuellen Charakter haben.
Auch zwischen den einzelnen Tagen sind Unterschiede im Frequenzverhalten abzulesen. Während noch am ersten Untersuchungstag annähernd alle im Spektrum dargestellten Frequenzen in regelloser Häufigkeit und unterschiedlichster Ausprägung vorkommen, tritt innerhalb der Versuche am zweiten Untersuchungstag eine deutliche Polarisierung der Frequenzmuster auf. Diese "Säuberung" des Spektrums von Nebenfrequenzen und das Hervortreten einer einzelnen Frequenz setzt sich auch noch am dritten Untersuchungstag fort. Anhand der abgebildeten Spektralskalen läßt sich für die Probanden ein markanter Anstieg in der Höhe der Werte als Maß der Ausprägung der errechneten Frequenzen vom ersten über den zweiten bis zum dritten Untersuchungstag verzeichnen. Um einen guten Gesamtüberblick über die von den Frequenzen erreichten Werte im Spektrum zu erhalten, ist aus den Ergebnissen aller Einzelspektren einer Versuchsperson ein sogenanntes gemitteltes Spektrum errechnet worden. Hierin sind alle Frequenzen anteilmäßig berücksichtigt, wodurch auch der Vergleich der Spektren untereinander ermöglicht wird (s.a. Punkt B/II.3.c). Das untere Diagramm in Abbildung 11 zeigt das gemittelte Frequenzspektrum der im vorstehenden Abschnitt beschriebenen Untersuchungen. In der gleichen Abbildung befindet sich im oberen Teil das ent-

sprechende gemittelt-integrierte Spektrum. In diesem Spektrum sind nur die 99%-Grenzen eingezeichnet worden. In diesem Diagramm kann abgelesen werden, ob die unten dargestellten Frequenzen die Bedingungen des White-Noise-Tests ($p<0.01$) erfüllen oder Überzufälligkeiten auftreten.
Im gemittelten Spektrum dieser Versuchsperson ist zu erkennen, daß sich aus einer breiten Basis, bestehend aus tiefen und hohen Frequenzen geringer Ausprägung, eine einzelne Frequenz (K-Wert = 4) auffällig abhebt. Dieses Ergebnis bestätigt die Eindrücke von der optischen Auswertung der Einzelspektren. Die genannte Frequenz erreicht gut die doppelte Höhe der Skala gegenüber den Nebenfrequenzen.

Daß diese Frequenz nicht zufällig aufgetreten ist, wird durch die Lage der λ-Werte zur oberen Grenzlinie im gemittelt-integrierten Spektrum bewiesen.



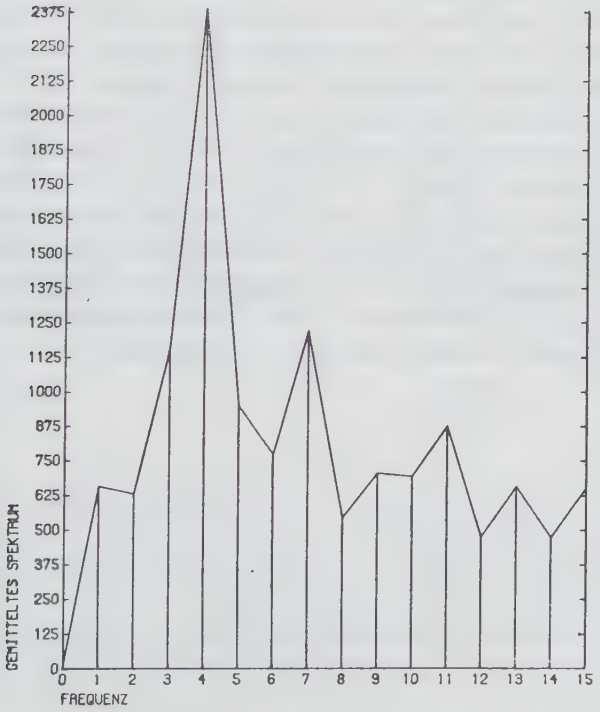


Abbildung 11: FF-Test; Gemittelte Spektren (VP 24)

b) Darstellung von Einzeluntersuchungen mit deutlicher Periodik

Die Abbildungen 12 - 14 beinhalten eine Auswahl von Kurven der geplotteten Einzeluntersuchungen des Farb-Farb-Tests (FF-Test) aller Vpn. Diese Auswahl stellt das Ergebnis der optischen Vorauswertung dar, die richtungweisend für die Weiterbearbeitung der anderen Testkombinationen gewesen ist. Die alleinige unvoreingenommene Betrachtung der sich anschließenden Autokorreltationskurven läßt ohne mathematische Berechnungen oder graphischer Manipulationen unter Einbeziehung aller erhobenen Daten aus den Reaktionsmessungen auffällige Periodizitäten erkennen. Es ist, wie gezeigt werden kann, grundsätzlich möglich, deutliche Schwingungen mit einer durch die Fourier-Analyse ermittelten bestimmten Frequenz (K-Wert = 4) an jedem Versuchstag zu den verschiedensten Untersuchungszeitpunkten der dominanten Frequenz zu den Nebenfrequenzen zu erkennen. Allen Diagrammen gemeinsam sind die hohen Werte auf der Spektralskala und der entscheidende Abstand des Frequenzmaximums zu der Basis, bei physikalischen Prozessen als Rauschspannungspegelabstand bezeichnet. In den dazugehörigen integrierten Spektren ist die Lage der K-Werte zu den 99%-Grenzen eingezeichnet worden. Diese Spektren geben den regelrechten negativen Ausgang der White-Noise-Tests wieder, wodurch zweifelsfrei ($p < 0.01$) die Überzufälligkeit der dominanten Frequenz bewiesen werden kann. Die Berechnung der in diesen Tests dominanten Frequenz sowie die Periodendauer erfolgt unter Punkt 6 dieses Abschnitts (siehe Seite 79).

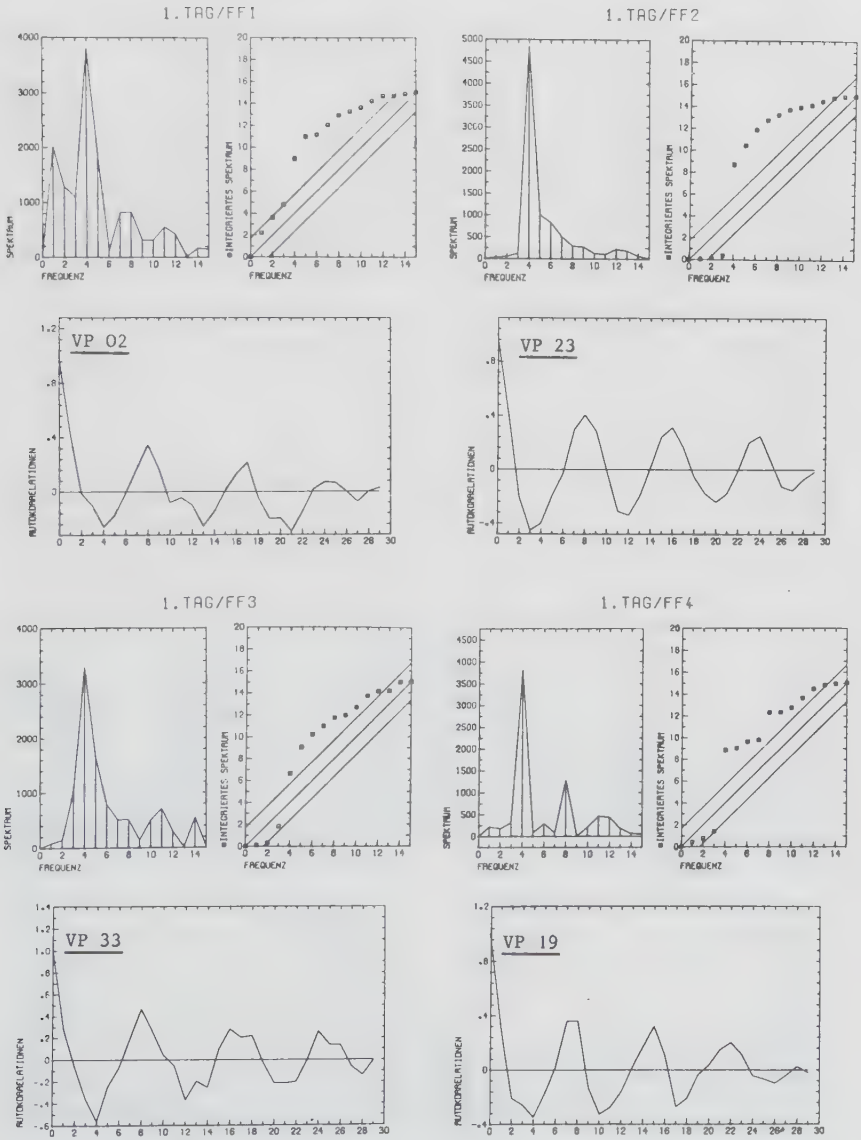


Abbildung 12: FF-Tests mit deutlicher Periodik (1.Unters.-Tag)

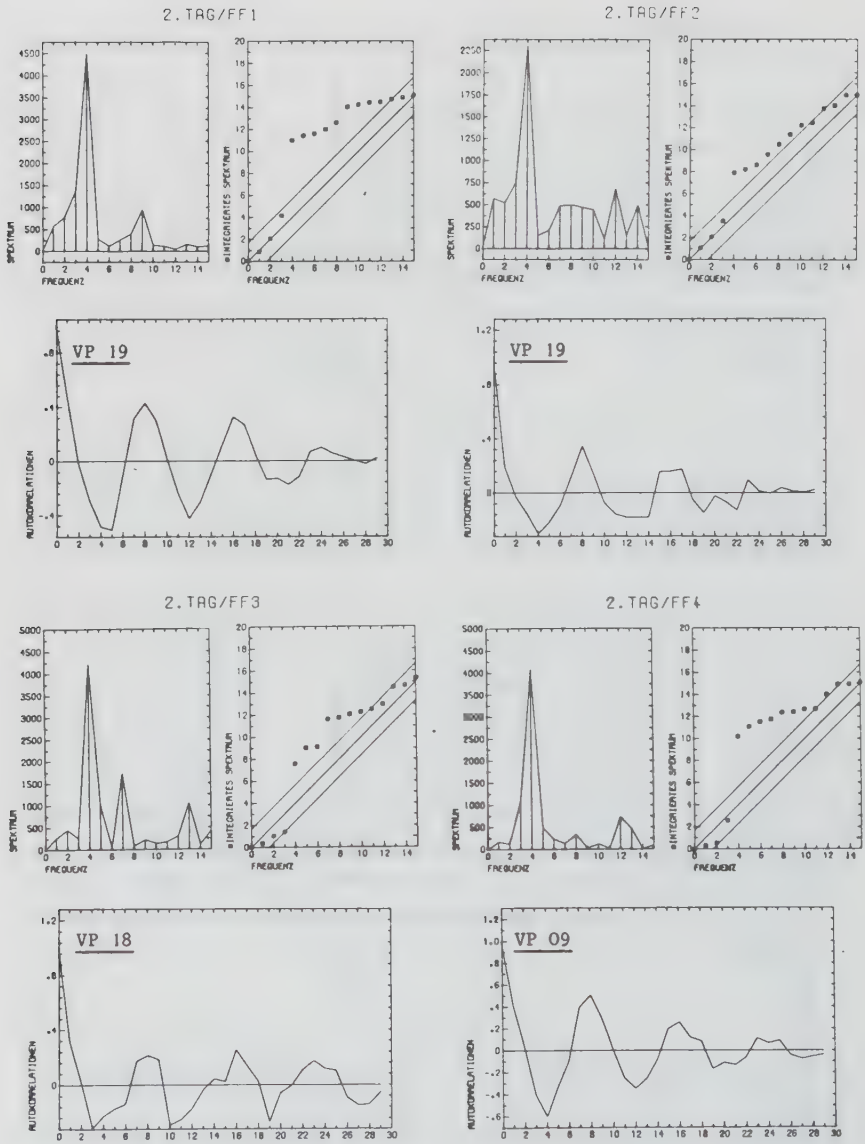


Abbildung 13: FF-Tests mit deutlicher Periodik (2.Unters.-Tag)

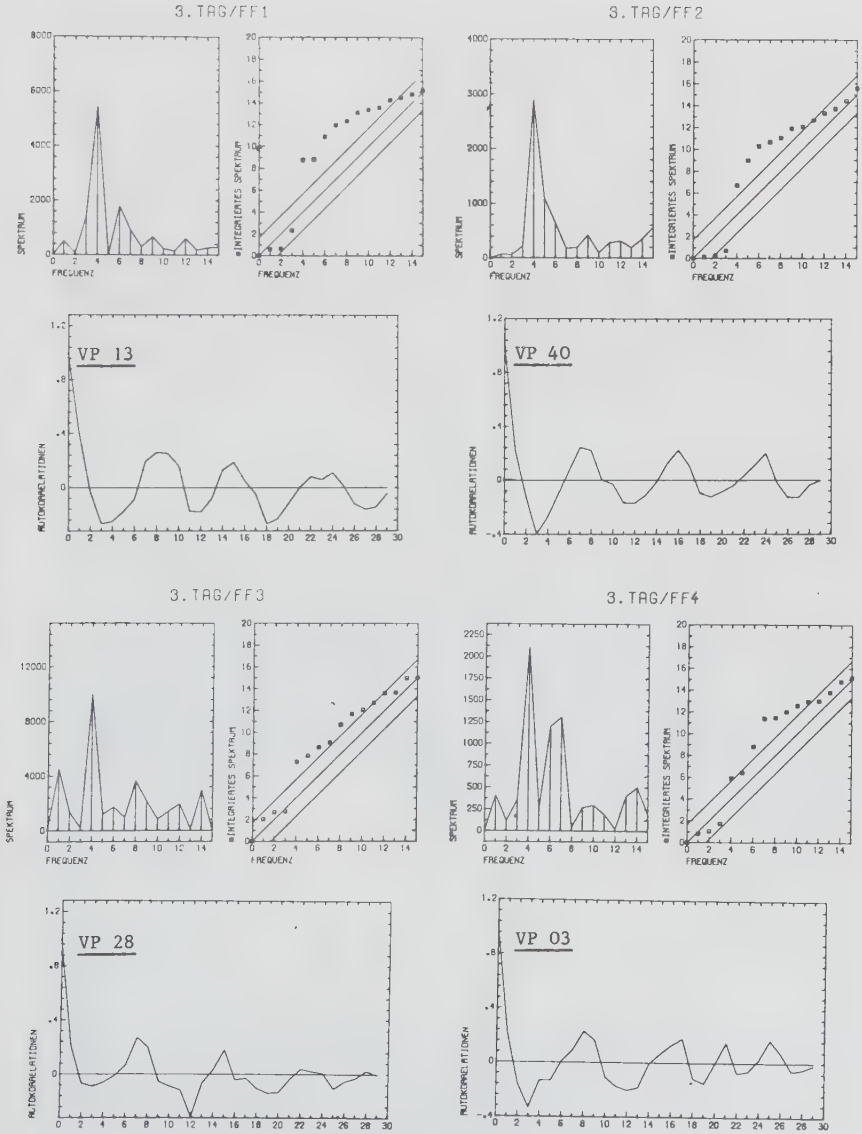


Abbildung 14: FF-Tests mit deutlicher Periodik (3.Unters.-Tag)

c) Ergebnisse der gemittelten und gemittelt-integrierten Spektren der Farb-Farb-Tests

Die Abbildungen 15 und 16 zeigen die Ergebnisse der Frequenzanalyse und der White-Noise-Tests der FF-Tests an einer Auswahl von sechs Vpn. Die Berechnung der Spektren ist, wie unter Punkt B/II.4 schon beschrieben, vorgenommen worden. In den folgenden Abbildungen sind die gemittelt-integrierten Spektren rechts neben den Frequenzspektren aus Gründen der Übersichtlichkeit angeordnet worden. Jeweils zwei nebeneinander stehende Diagramme gehören zu einem Probanden.
Bei insgesamt hohen Werten im Spektrum fällt wiederum die schon im Einzelfall (B/II.4.a) beschriebene dominante Frequenz auf, die in allen aufgeführten Diagrammen durch denselben K-Wert (4) auf der Abszisse markiert wird. In vielen Fällen hebt sich diese Frequenz von einer breiten Basis, bestehend aus tieferen und höheren Frequenzen ab und erreicht die doppelte Höhe der anderen im gemittelten Spektrum.
Über die vielfältigen Variationen des Verhältnisses der Basisfrequenzen zur dominanten Frequenz geben die Bildbeispiele einen guten Überblick. Die gemittelt-integrierten Spektren beweisen in jedem Falle die Überzufälligkeit der dominanten Frequenz. Die absoluten λ-Werte der gemittelt-integrierten Spektren der FF-Tests aller Probanden sind in Tabelle II.9 zu finden.

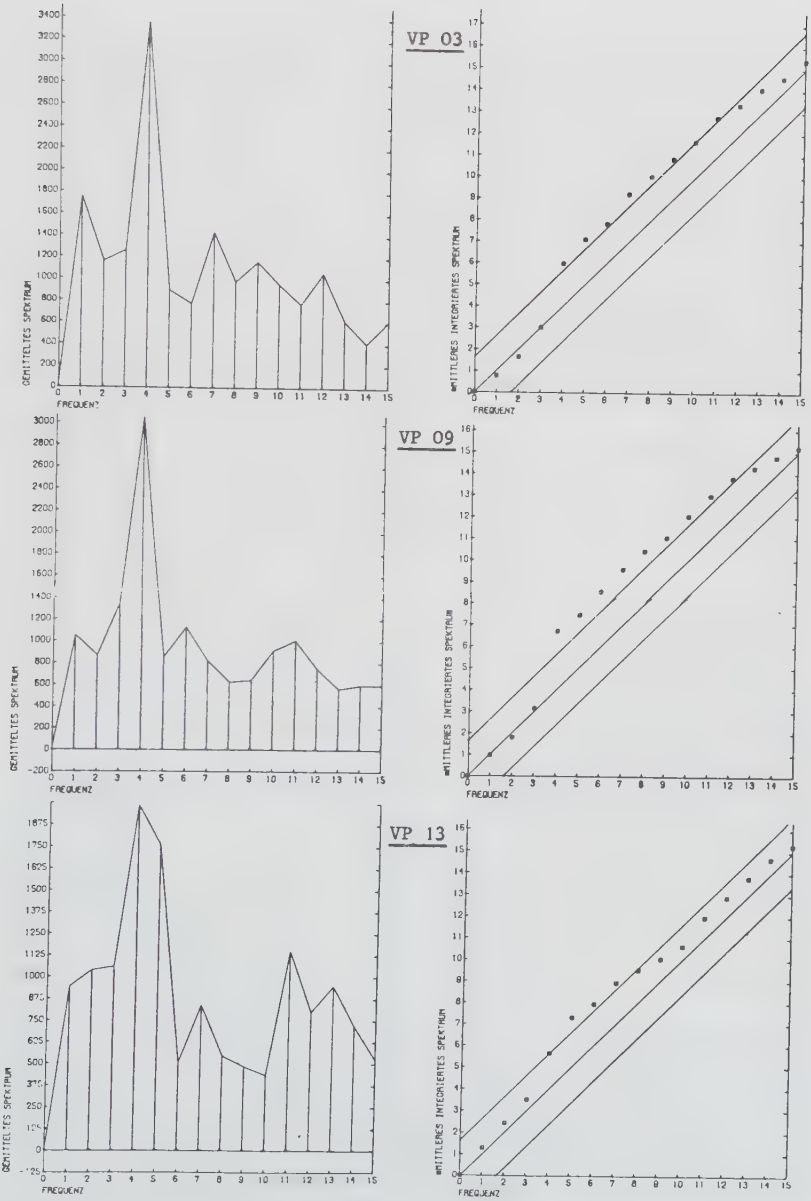


Abbildung 15: FF-Test; Gemittelte Spektren (I)

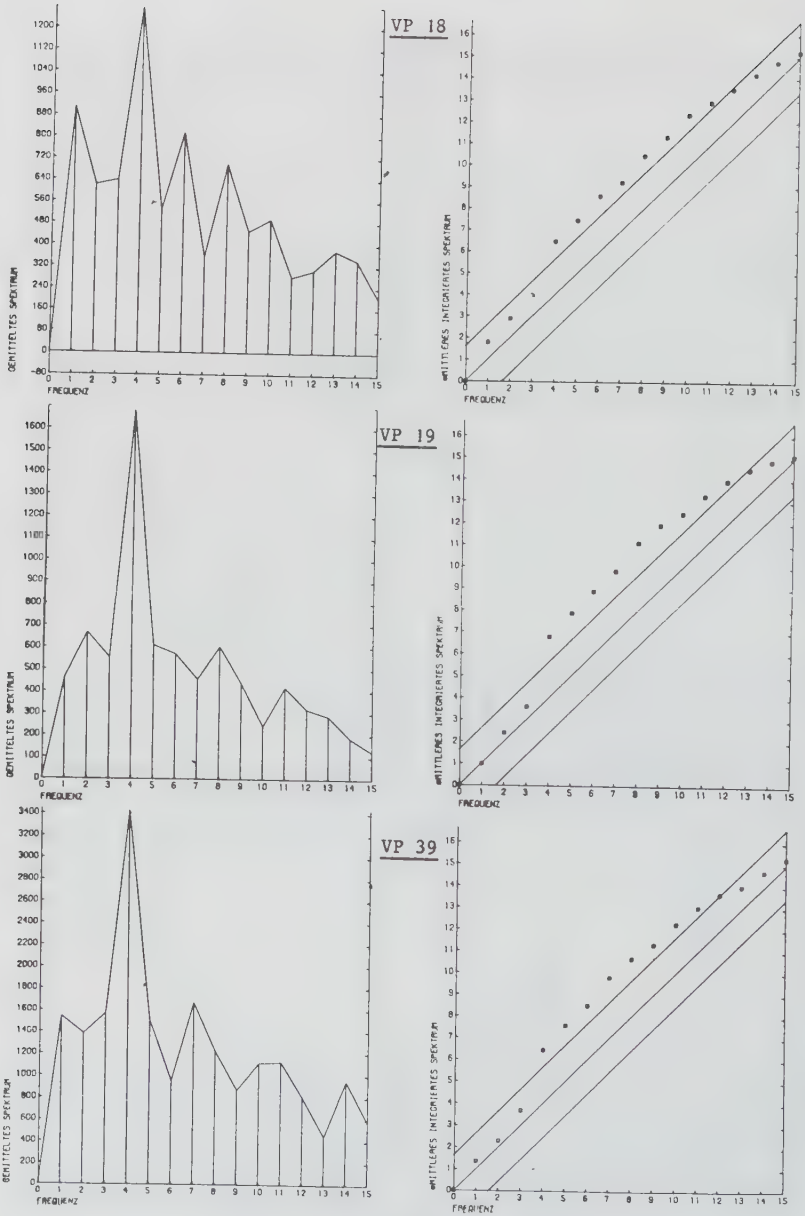


Abbildung 16: FF-Test; Gemittelte Spektren (II)

d) Einfluß des Leistungstyps auf die gemittelten und gemittelt-integrierten Spektren der Farb-Farb-Tests

In den Abbildungen 17 und 18 sind die gemittelten Spektren zweier Vpn zu ihren Leistungskurven in der entsprechenden Testkombination in Beziehung gesetzt worden. Es ist einmal der Verlauf eines konstanten und zum anderen eines inkonstanten Leistungstyps zu verfolgen.
In der Abbildung 17 ist im gemittelten Spektrum die dominante Frequenz (K-Wert = 4) zu erkennen. Die Versuchsperson ist nach den unter Punkt B/II.3.a genannten Kriterien zum konstanten Leistungstyp zuzuordnen.
Die Abbildung 18 zeigt die Ausprägung der dominanten Frequenz einer anderen Versuchsperson im gemittelten Spektrum des FF-Tests. Dieser Proband ist unter Berücksichtigung des Verlaufes seiner Leistungskurven als inkonstanter Leistungstyp einzuschätzen.
Beim Vergleich beider Abbildungen fällt auf, daß die Ausprägung der dominanten Frequenz und die scharfe Abgrenzung von den Nebenfrequenzen bei dem konstanten Leistungstyp überaus deutlich ist. Bei dem inkonstanten Leistungstyp dagegen fällt zwar die für die FF-Tests dominante Frequenz auch sofort ins Auge, sie hebt sich jedoch nicht so stark von den Nebenfrequenzen ab. In diesem Fall wird die spezifische Frequenz sogar von der tiefen Grundfrequenz überlagert. Diese Überlagerung kommt hier offensichtlich durch den ausgeprägt erscheinenden diskontinuierlichen Verlauf einzelner Kurven (z.B. 2.Tag/2.Unt.). Die gemittelt-integrierten Spektren beweisen für die FF-Tests der beiden Probanden die Überzufälligkeit der errechneten Frequenzen ($p < 0.01$).
Beim Vergleich der aus den weiter unten aufgeführten Tabellen zu entnehmenden K-Werte der Farb-Farb-Tests mit den in den Leistungskurven (B/II.2.a,b) eingezeichneten Abständen der Hilfslinien lassen sich noch weitere Beispiele finden, die die geschilderten Zusammenhänge belegen.

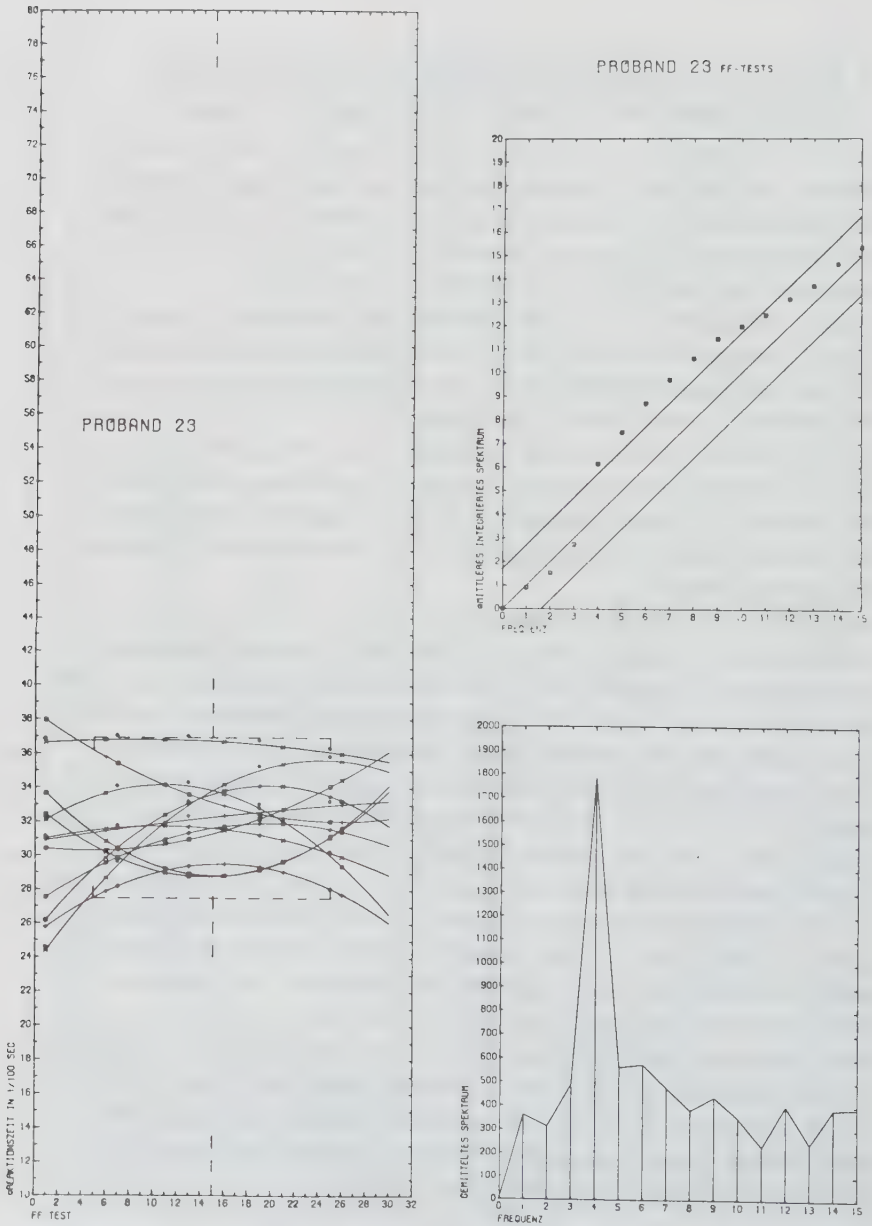


Abbildung 17: Konstanter Leistungstyp und gemittelte Spektren

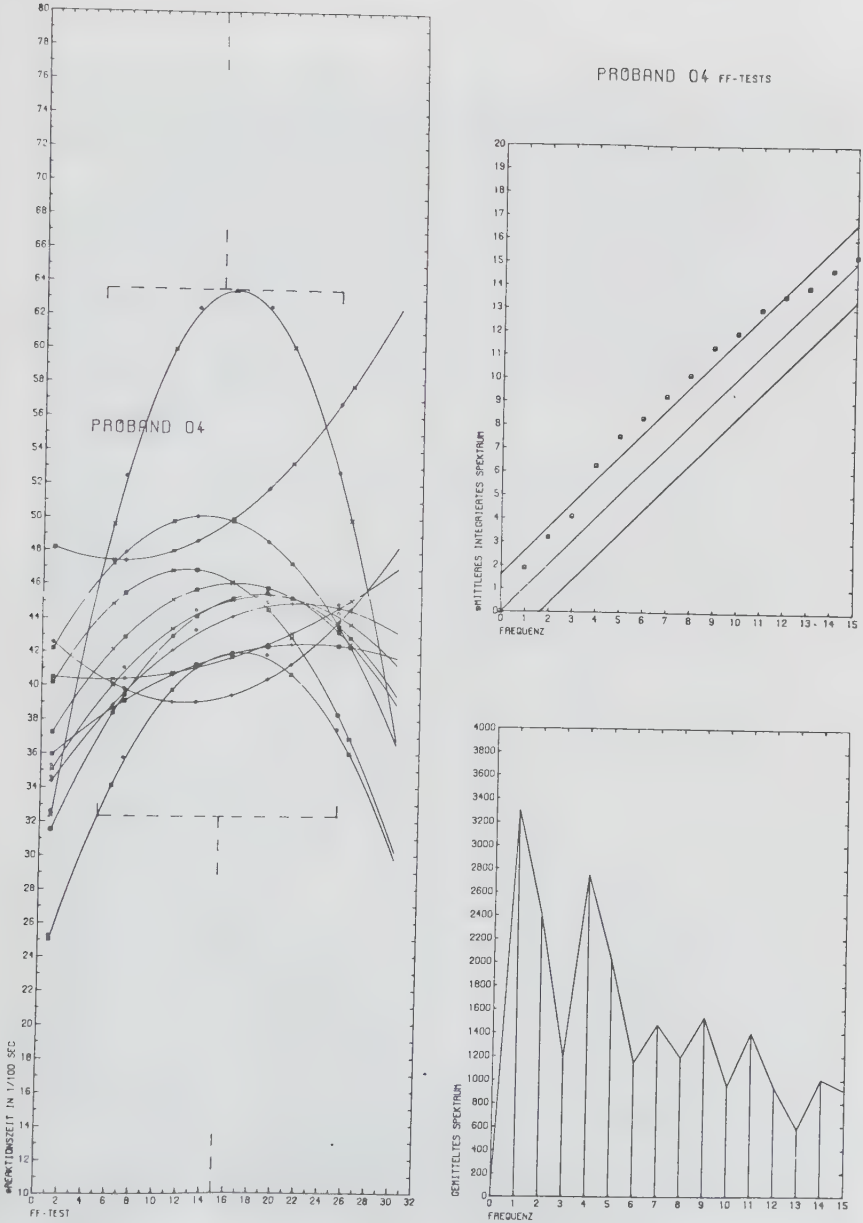


Abbildung 18: Inkonstanter Leistungstyp und gemittelte Spektren

Dabei gilt die Regel:
Je größer die λ-Werte bei der dominanten Frequenz (K = 4) um so stärker ist die Ausprägung dieser Frequenz bei kleinem Abstand der Hilfslinien, gleichbedeutend mit konstantem Leistungstyp. Umgekehrt ist bei kleinem λ-Wert des Probanden in dieser Untersuchung mit einem großen Abstand der Hilfslinien zu rechnen, der die Zuordnung zum inkonstanten Leistungstyp bedingt. (Auf die möglichen Zusammenhänge zwischen den zwei Leistungstypen und der Häufigkeit des Auftretens sowie der Ausprägung der dominanten Frequenz in den FF-Tests wird im Rahmen der Diskussion noch näher eingegangen).

5. Häufigkeitsverteilung der dominanten Frequenz im FF-Test

Die Abbildung 19 enthält die λ-Werte der gemittelt-integrierten Spektren (K = 4) der FF-Tests aller Vpn. Auf der Abszisse ist die Anzahl der untersuchten Probanden (N) aufgetragen worden, während auf der Ordinate die errechneten λ-Werte zu finden sind. Diese Werte sind aus Tabelle II.9 der Spalte K = 4 entnommen worden. Die Werte dieser Spalte sind gleichzeitig Grundlage für die ausgeplotteten dominanten Frequenzen in den entsprechenden gemittelt-integrierten Spektren (s.a. Punkt B/II.4.c). Die Länge der in diesem Histiogramm abgebildeten Säulen ist gleichgesetzt mit der Höhe der absoluten λ-Werte der einzelnen Versuchspersonen. In den Tabellen II.9 bis II.12 sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nur λ-Werte >1 ausgedruckt worden. Bei den Probanden die λ-Werte haben, die kleiner als eins sind, ist die entsprechende Säule ohne obere Begrenzung. Außerdem werden diese Fälle durch die Eintragung $\lambda < 1$ gekennzeichnet. In diesem Histiogramm sind auch die λ-Werte der schon in den vorangestellten Spektren eingezeichneten Grenzen der Vertrauensintervalle zu finden. Die 75%-Grenze (λ = 1.02) ist als gestrichelte Linie (---) zwischen den Säulen zu erkennen, während die 99%-Grenzen (λ = 1.63) als durchgezogene Linie (——) zwischen den Werten der einzelnen Vpn erscheint.

Die untersuchte Frequenz gilt als dominant, wenn bei K = 4 der Lambda-Wert im gemittelt-integrierten Spektrum die 75%-Grenze überschreitet (Kolmogoroff-Smirnowsche λ-Verteilung). Dem folgenden Histiogramm ist zu entnehmen, daß bei 29 von 40 Probanden die Frequenz mit dem K-Wert = 4 in den betreffenden Spektren dominant ist. Vor allen anderen mit dieser Methode darstellbaren, möglichen Frequenzen tritt diese deutlich in den Vordergrund. Sie ist damit Ausdruck der episodischen Leistungsschwankung in den Reaktionszeitversuchen. Von diesen 29 "Frequenzträgern" gehören 14 zur Verum- und 15 zur Placebo-Gruppe.

Die übrigen 11 Versuchspersonen, bei denen die Frequenz nicht so stark ausgeprägt ist, daß die vorgegebenen Grenzen überschritten werden, teilen sich auf in sechs Probanden aus der Verum- und fünf aus der Placebo-Gruppe (im Teil C dieser Arbeit erfolgt die ausführliche Interpretation dieser Ergebnisse unter verschiedensten Gesichtspunkten).

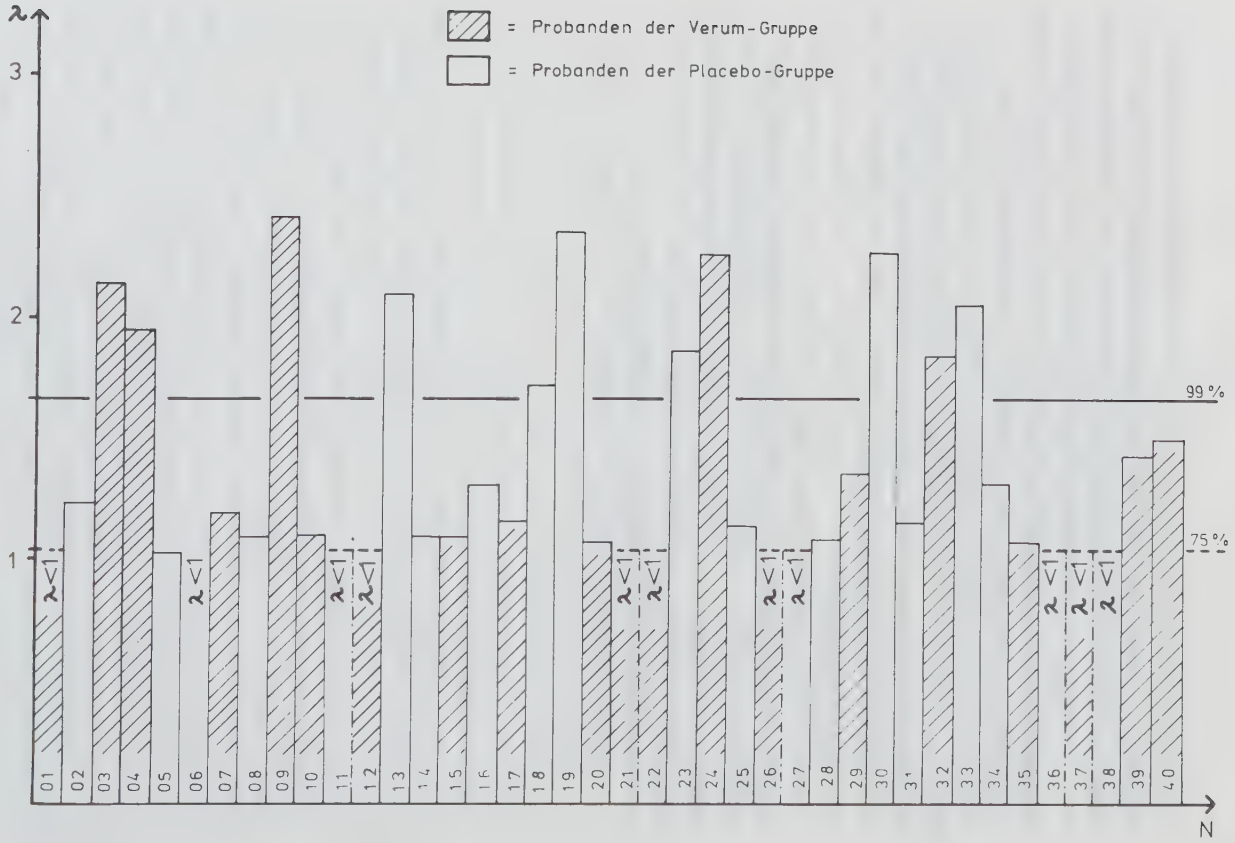


Abbildung 19 : Verteilung und Ausprägung der dominanten Frequenz

6. Berechnung der im FF-Test dominanten Frequenz

Die Größe des Zeitintervalles in dem eine Analyse von Frequenzen möglich ist, differiert unter den einzelnen Testarten, da die Bestimmung der tiefsten noch erfaßbaren Grundfrequenz (f_1) und der oberen Grenzfrequenz (f_n) von der Anzahl der Meßwerte (N) und dem zeitlichen Abstand zweier aufeinanderfolgender Reize (Δ) abhängig ist. Bei den FF-Tests sind 30 zu beantwortende Reize (N) gesetzt worden, die den Probanden in einem mittleren zeitlichen Abstand (Δ_m) von 10 Sekunden vorgegeben worden sind. Wird nun die Anzahl der Reize (N) mit dem zeitlichen Abstand (Δ_m) mulipliziert, so ergibt sich die mittlere Gesamtversuchsdauer von 300 Sekunden = 5 Minuten für diesen Versuch. Bei Abweichungen von der mittleren Gesamtversuchsdauer ist der entsprechende zeitliche Abstand (Δ_x) einzusetzen, da sich durch den Einfluß dieser Variablen das Zeitintervall (f_1-f_{15}) und die dominante Frequenz (f_4) ändert. Nach der unter Punkt B/II.2 schon erläuterten Formel für die Grundfrequenz (f_1) bei K = 1 des FF-Tests (N=30/ Δ_m = 10sec.) im Zeitintervall (window):

$$f_1 = \frac{1}{N \cdot \Delta_m} = \frac{1}{300\text{sec.}} = \underline{\underline{\frac{1}{300}\ \text{Hz}}}$$

für die Periodendauer T_1 gilt:

$$T_1 = N \cdot \Delta_m = \underline{\underline{300\ \text{Sekunden}}}$$

Die obere Grenzfrequenz (f_{15}) bei K = 15 beträgt für diesen Test nach:

$$f_{15} = \frac{1}{2 \cdot \Delta_m} = \frac{1}{20\text{sec.}} = \underline{\underline{\frac{1}{20}\ \text{Hz}}}$$

Die Periodendauer (T_{15}) dieser Schwingung beträgt nach:

$$T_{15} = 2 \cdot \Delta_m = \underline{\underline{20\ \text{Sekunden}}}$$

Die dominante Frequenz (f_d) tritt in den Spektren immer bei K = 4 auf und läßt sich wie folgt berechnen:

$$f_d = \frac{4}{N \cdot \Delta_m} = \frac{1}{75 \text{sec.}} = \frac{1}{75} \text{ Hz}$$

Bei einer mittleren Gesamtversuchsdauer von fünf Minuten beträgt die Periodendauer dieser Schwingung (T_d) nach $T_d = \frac{1}{f_d} =$ 75 Sekunden!

7. Graphische Darstellung der Sekundenperiodik

Die Abbildung 20 gibt die in den Farb-Farb-Tests gefundenen ultradianen Periodizitäten in einer chronobiologisch üblichen Darstellungsweise wieder. Am Ende der schrittweisen Ermittlung aller Parameter der dominanten Frequenz kann der von Rauschanteilen bereinigte Kurvenverlauf als Cosinor in der allgemeinen Form: $f \cdot \cos\left[2\pi \frac{t}{T} + \varphi\right]$ gezeichnet werden.

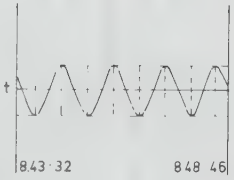
Grundlage für diese Kurven sind die Werte und Ergebnisse von vier Untersuchungen an drei Versuchstagen der im Abschnitt B/II.4.a beschriebenen Versuchsperson (VP 24). Jede Schwingung setzt sich zusammen aus der berechneten Periodendauer (T_d) der dominanten Frequenz, den Nullstellen die aus den Autokorrelationskurven der entsprechenden Einzelversuche entnommen worden sind, der Amplitudenhöhe, die den Werten auf der Skala der Frequenzspektren entspricht. Die volle Länge der von der t-Achse ausgehenden Ordinate veranschaulicht die größte Ausprägung im höchsten Spektrum. Kurven aus Untersuchungen in denen die Spektrallinie der dominanten Frequenz nicht diesen Maximalwert erreicht, sind mit ihren Amplituden anteilmäßig auf der Ordinate abgebildet. So bedeutet ein flacher Kurvenverlauf eine geringe Ausprägung der dominanten Frequenz im Spektrum und ein steiler Kurvenverlauf zeigt eine deutliche Ausprägung an. Als Mesor (Grundlinie) ist wieder die vom Mittelwert ausgehende Gerade gewählt worden, deren Lage gewährleistet, daß auch die unteren Kurvenhälften im

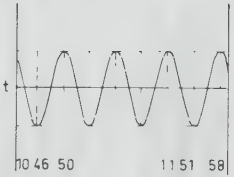
"Positiven" liegen. Die Länge des Mesors wird durch die entsprechende Versuchsdauer, die den Kurven direkt zu entnehmen ist, bestimmt.
Die Kurvenverläufe ermöglichen einen intra- und interdianen Leistungsvergleich über das Maß der Frequenzausprägung, sie belegen die im Abschnitt B/II.4.a geschilderten Zusammenhänge für die einzelnen Untersuchungen eines Tages.
Bei dem interdianen Vergleich kommen die schon von H. HAMPP (1961) beschriebenen circadianen Leistungsschwankungen dieser Versuchsperson zum Ausdruck. Ist zwischen 8.30 und 9.00 Uhr jedes Untersuchungstages ein relatives Leistungstief zu erkennen, so kommt es an allen Tagen zwischen 10.30 und 11.00 Uhr zu einem relativen Leistungshoch. Dieses Hoch wird wiederum in der Zeit von 14.00 bis 15.00 Uhr von einem erneuten Leistungstief abgelöst. Die letzte Leistungsschwankung, die aufgrund der auf ultradiane Periodenanalyse abgestimmten Versuchsdurchführung verfolgt werden kann, ist ein Leistungsanstieg zwischen 17.10 und 17.40 Uhr.
Bei dieser VP kommen die geschilderten periodischen Veränderungen besonders deutlich in den Untersuchungen des dritten Versuchstages zum Ausdruck.

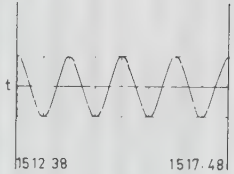
$f = \cos\left[2\pi\frac{t}{T} + \varphi\right]$

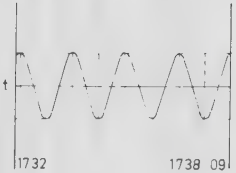
1. UNTERSUCHUNG | 2. UNTERSUCHUNG | 3. UNTERSUCHUNG | 4. UNTERSUCHUNG

1. Tiefe

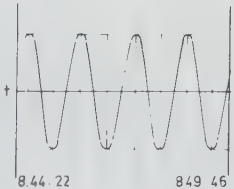


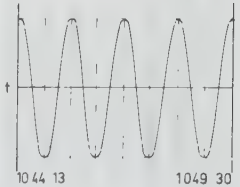


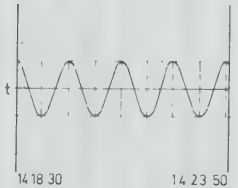


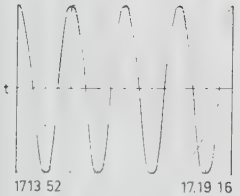


2. Tiefe

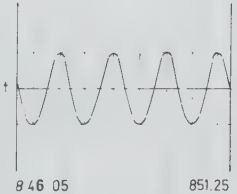


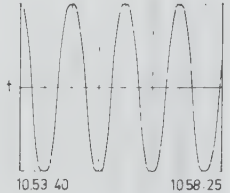


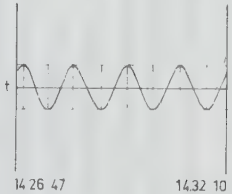




3. Tiefe







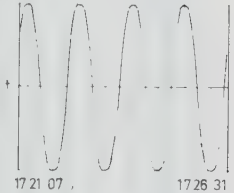


Abbildung 20

Sekundenperiodik (VP 24)

8. Mono- und Kombinationstests ohne nachgewiesene Sekundenperiodik

a) Gemittelte und gemittelt-integrierte Spektren der Farb-Tests

Die Abbildung 21 enthält die gemittelten Spektren und die gemittelt-integrierten Spektren von drei Vpn. Die Anordnung der Diagramme in den Abbildungen ist entsprechend den Farb-Farb-Tests. Durch die bei allen Probanden durchgeführte Frequenzanalyse der Autokorrelationsfunktionen, die zu allen Ergebnissen der Reaktionszeitmessungen des Farb-Tests aufgestellt worden ist, konnte bei insgesamt schwach ausgebildeten Spektren keine, in allen Untersuchungen auftretende, vorherrschende Frequenz innerhalb des zur Verfügung stehenden Fensters (window) nachgewiesen werden.
Die Diagramme zeigen eine unterschiedliche und stark wechselnde Ausprägung aller analysierbaren Frequenzen. Im mittleren Diagramm ist ein deutliches Maximum für die Grundfrequenz anhand der Länge der dazugehörigen Spektrallinie zu sehen. Dieses Maximum spiegelt jedoch, wie schon eben mehrfach beschrieben, keine tatsächliche Leistungsschwankung mit dieser Frequenz wider, sondern sie beruht ebenfalls auf der besonderen Lage vieler Einzelwerte zur Grundlinie.
Das Ergebnis der Berechnung der gemittelt-integrierten Spektren ist der rechten Hälfte der Abbildung zu entnehmen. Alle λ-Werte der eingezeichneten Frequenzen liegen dicht an der vom Nullpunkt mit einer Steigung von 45 Grad ausgehenden theoretischen Linie. Kein K-Wert der dargestellten Frequenzen überschreitet die obere oder untere 99%-Grenze. Nach den im Abschnitt B/II.4 beschriebenen Bedingungen bedeutet das, daß der White-Noise-Test positiv ausgefallen ist und damit die Frequenzen zufälliger Natur sind und als Ausdruck eines Rauschprozesses angesehen werden können.
Die gesamten λ-Werte der gemittelt-integrierten Spektren des Farb-Tests aller Probanden sind in Tabelle II.10 zusammengefaßt.

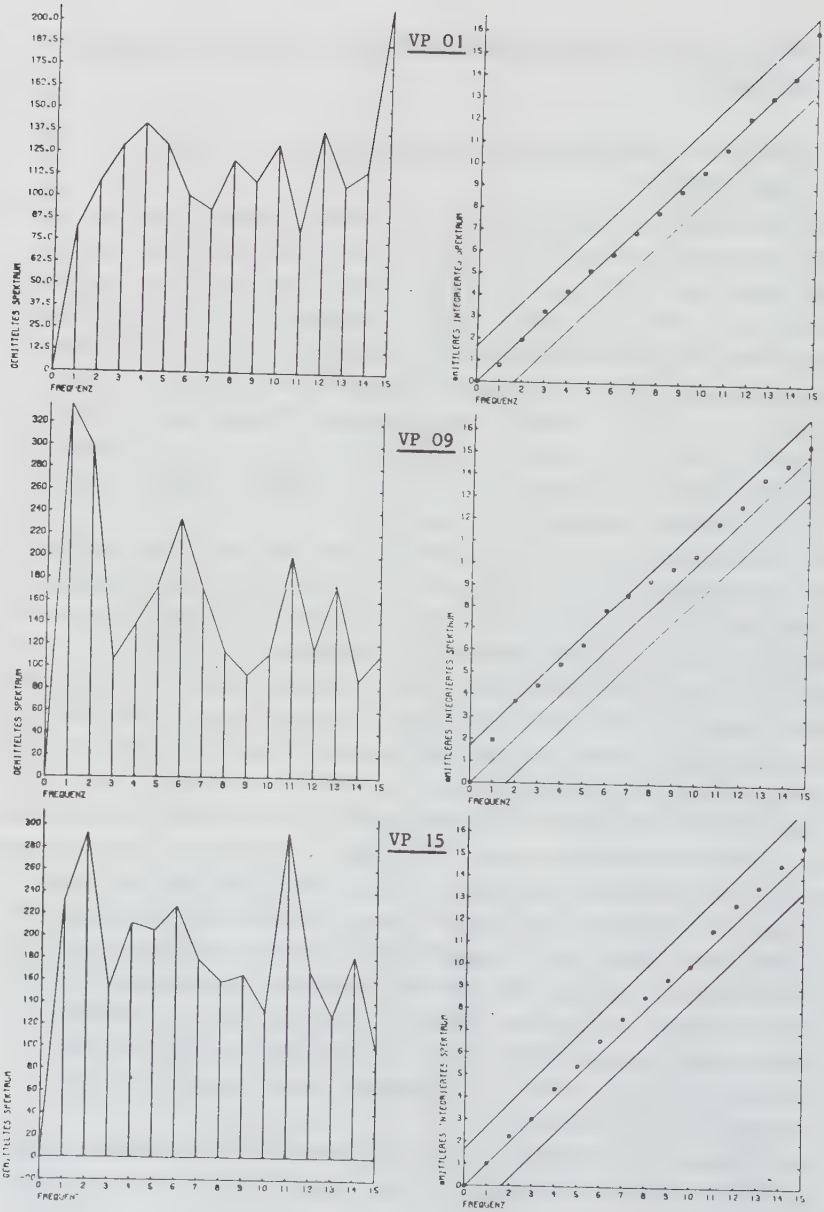


Abbildung 21: F-Test; Gemittelte Spektren

b) Gemittelte und gemittelt-integrierte Spektren der Ton-Tests

Die Abbildung 22 enthält die entsprechenden Diagramme dreier Probanden in der oben schon beschriebenen Anordnung.
Die Auswertung der durch die Einzelversuche erhaltenen Reaktionszeiten aus den Ton-Tests mit den genannten Verfahren hat nicht zum Nachweis einer dominanten Frequenz geführt.
Die Frequenzen verhalten sich ähnlich wie in dem ersten Monotest. Im flachen Spektrum erheben sich nur einzelne Frequenzen über die Basis, deren Häufigkeit des Auftretens und der Grad der Ausprägung zu gering ist, um nach den Bedingungen des White-Noise-Tests als überzufällig gelten zu können.

In den Fällen, wo die K-Werte für einzelne Frequenzen ausnahmsweise die Grenzlinie in dem Diagramm überschreiten, ist zwar dieser Frequenz für den dargestellten Probanden spezifisch und dominant, dies läßt jedoch keinen allgemeingültigen Schluß auf die Grundgesamtheit zu.
Die λ-Verteilung für die gemittelt-integrierten Spektren des Ton-Tests ist in Tabelle II.11 zu ersehen. Dort wird durch das einmalige Übertreten der Grenzen durch verschiedenste λ-Werte der geschilderte Sachverhalt belegt.

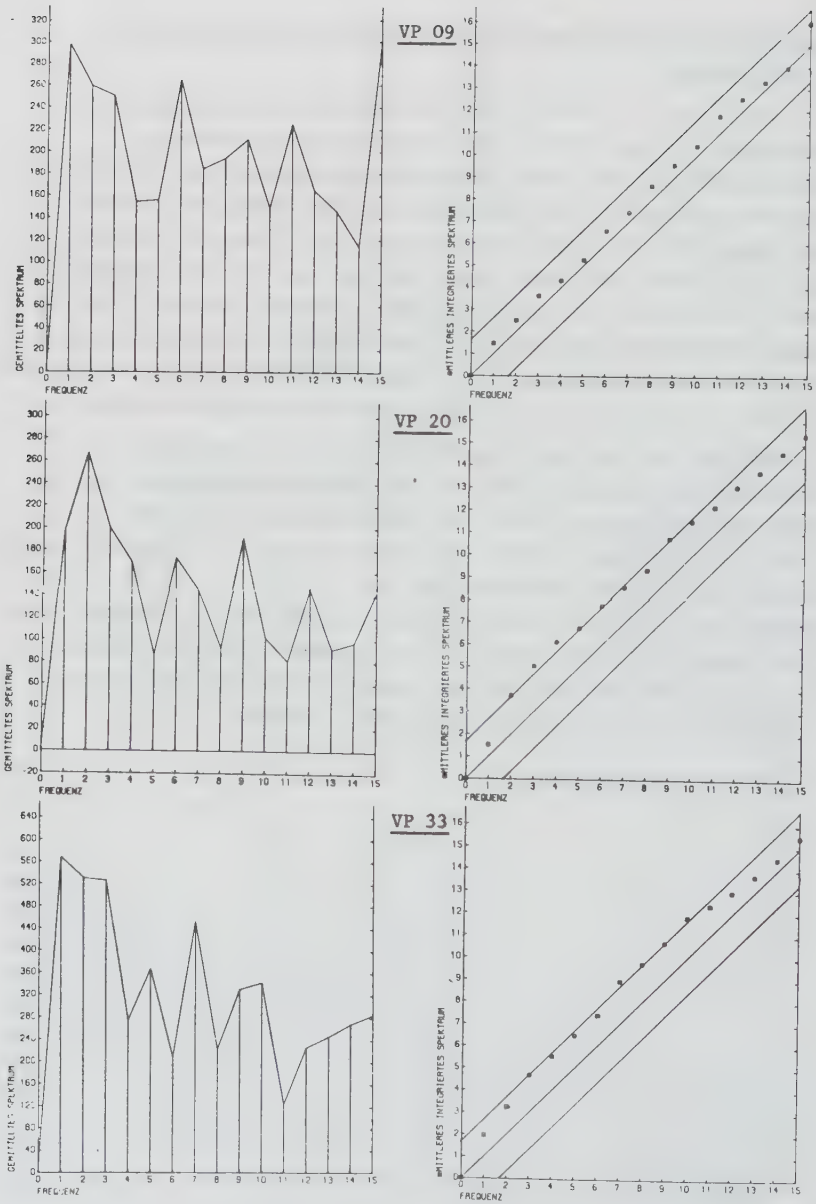


Abbildung 22: Ton-Test; Gemittelte Spektren

c) Gemittelte und gemittelt-integrierte Spektren der Farb-Ton-Tests

In der Abbildung 23 sind die berechneten Spektren der Farb-Ton-Tests von drei Probanden aufgezeichnet worden. Die mit Hilfe der Fourier-Reihen durchgeführte Frequenzanalyse der aus den Einzelergebnissen des Farb-Ton-Tests erstellten Autokorrelationskurven ergibt keine Hinweise aus das Vorkommen bestimmter, bei allen Probanden gehäuft auftretender Frequenzen. Auffällig ist auch bei diesem Test das flache Frequenzspektrum und die geringe Ausprägung der einzelnen Frequenzen. Wie gezeigt werden kann, kommt es auch hier in Einzelfällen zu großen λ-Werten, die die Grenzen des integrierten Spektrums überschreiten. Dies trifft jedoch in unregelmäßiger Folge sowohl für einige tiefe wie auch hohe Frequenzen des abgebildeten Fensters (window) zu, ohne daß hier allgemeingültige Aussagen gemacht werden können. Es gelten diesbezüglich die gleichen Feststellungen wie bei den oben beschriebenen Monotests. Die gemittelt-integrierten Spektren bestätigen aufgrund der Lage der λ-Werte zu den Grenzen, daß die Frequenzen, die sich geringfügig von der Basis abheben, zufällig sind.
Die Tabelle II.12 enthält alle λ-Werte der gemittelten integrierten Spektren des FT-Tests.

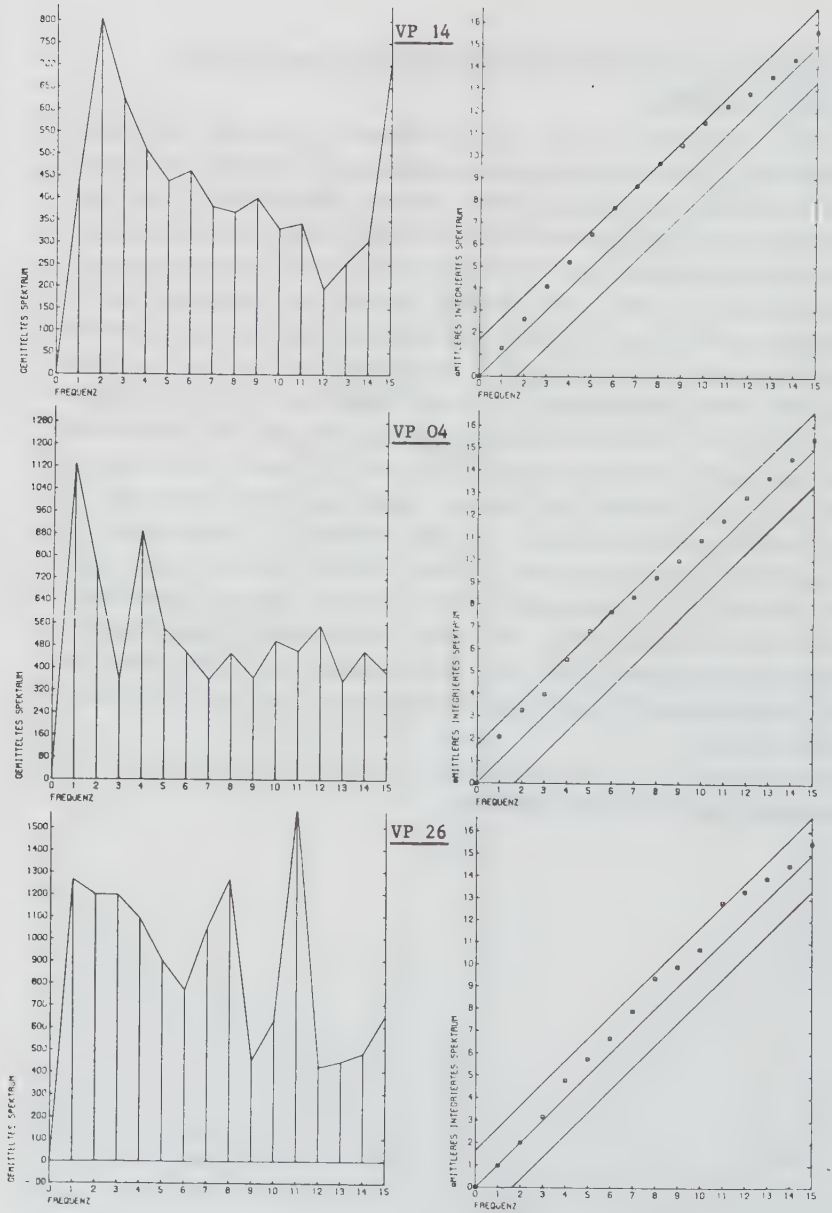


Abbildung 23: FT-Test; Gemittelte Spektren

C. DISKUSSION

Die Natur unserer Untersuchungen hat es erforderlich gemacht, einige Fragen bei der Beschreibung der Methodik oder bereits bei der Darstellung der Resultate zu diskutieren. Nachfolgend werden wir uns demgemäß nur ergänzend mit dieser Problematik befassen.

Zur Bearbeitung der gestellten Aufgaben haben wir, um möglichst viele psychometrische und psychophysische Parameter zu erfassen, ein breitgefächertes Untersuchungsprogramm angelegt. Die dabei verwendeten Apparaturen (EEG, Reaktiometer) und Tests (FPI, Manifest Anxiety Rating Scale nach TAYLOR, Hamilton Anxiety Rating Scale, modified by U.J. JOVANOVIĆ) haben zum eigentlichen Nachweis der ultradianen Periodizitäten sehr unterschiedliche Spezifität gezeigt. Die Vielfalt an anfallenden Informationen und Unterschiedlichkeit der Methoden haben zu Schwierigkeiten bei der Auswertung geführt. In der Hauptsache liegen sie darin, die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen in konsequente Beziehungen zueinander zu setzen. Aufgrund der Datenmenge und der Notwendigkeit einer mehrdimensionalen Betrachtungsweise ist daher eine lückenlose Interpretation aller Ergebnisse nicht möglich geworden, zumal in der uns vorliegenden Literatur vergleichbare Ergebnisse und Beschreibungen anderer eventuell spezifischer Methoden nicht zu finden sind (SINZ u. STEBEL, 1970a u. b; STEBEL u. SINZ, 1971a u. b; HELMHOLTZ, 1910; VOSS, 1899). Von den zur Auswahl stehenden Verfahren zum Nachweis von Periodizitäten, die auch zum Teil in dieser Arbeit beschrieben worden sind (LANGE, 1888; VOSS, 1899; HELMHOLTZ, 1910), haben wir die Reaktionszeitmessung mit dem Reaktiometer nach Dr. SCHUHFRIED ausgewählt. Mit Hilfe dieses Verfahrens sind schon von anderen Autoren die verschiedensten periodischen Schwankungen analysiert worden (SINZ u. STEBEL, 1970a; STEBEL u. SINZ, 1970, 1971 b). Ein Nachteil dieser Versuchs-

anordnung liegt in der begrenzten Möglichkeit der Darstellung von besonders kurzen Schwingungen mit hoher Frequenz. Der limitierende Faktor ist hier die Reizfolge, die eine Versuchsperson gerade noch aufnehmen und beantworten kann. Demnach sind andere Verfahren zu entwickeln mit denen eventuell noch höhere Frequenzen nachgewiesen werden können als die hier beschriebenen (s. unten).

Die von uns für diesen Versuch ausgewählten Probanden haben bezüglich ihres Lebensalters eine deutliche Homogenität aufzuweisen. Wir sind davon ausgegangen, daß im jugendlichen Erwachsenenalter ohne körperliche Mängel, wie Behinderung der motorischen Koordination, Seh- und Höreinschränkung, die anstehenden Testaufgaben am besten und reproduzierbarsten zu bewältigen sind. Demnach können unsere Ergebnisse aus den Reaktionszeitmessungen und die Dauer der nachgewiesenen Perioden nicht ohne weiteres auf andere Kollektive übertragen werden. Es liegen zur Zeit keine vergleichbaren Untersuchungen anderer Personengruppen vor. Aus den Abhandlungen der hier zitierten Autoren (SINZ u. STEBEL, 1970a u. b; STEBEL u. SINZ, 1970, 1971a u. b; VOSS 1899) ist eine nähere dahinzielende Beschreibung der untersuchten Probanden nicht zu entnehmen, dadurch wird die vergleichende Diskussion der Resultate beträchtlich erschwert.

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten hat sich aus zwei Gründen besonders problematisch gestaltet. Zum ersten gibt es nur wenige ausgereifte und geprüfte mathematische Verfahren, die die Besonderheiten von Biosignalen ausreichend berücksichtigen (SCHUY, 1976), sodaß wir je nach Fragestellung, in Zusammenarbeit mit dem Rechenzentrum der Universität Würzburg, entsprechende Programme erst erstellen mußten, was einen langen Prüfweg mit großem Zeitaufwand zur Folge hatte. Dieser Umstand bedingt sicherlich eine erschwerte Reproduzierbarkeit der Ergebnisse durch andere Verfahren, sowie die Übertragung unserer Resultate auf andere Forschungsbereiche. Der zweite Grund betrifft die Auswertung der berechneten Er-

gebnisse. So sind wir trotz der ausführlichen, oben aufgeführten Berechnungen immer wieder auf visuelle Teilauswertungen angewiesen gewesen. Diese mit subjektiven Einflüssen belastete Verfahrensweise muß sicher als nachteilig empfunden werden. Dieser Nachteil möge durch die im vorangestellten Teil dieser Arbeit eingefügten Abbildungen von den uns vorliegenden Orginalkurven etwas aufgehoben werden. So soll dem Leser ermöglicht werden, daß er anhand der Kurven die folgenden, von uns angebotenen, Interpretationen selbst nachvollziehen kann.
Bei den von uns untersuchten Monotests ist keine Leistungssteigerung von einem zum anderen Versuchstag aufgetreten. Da dies sowohl für die Verum- wie auch für die Placebo-Gruppe zutrifft, ist der Einfluß der zugeführten Substanz für diese Untersuchung ohne Bedeutung. Die dargestellten Ergebnisse belegen die erwünschte Auswirkung der zufälligen Streuung der zu beantwortenden Signale durch das Reizgerät, denn hierdurch konnte eine Beeinflussung der Reaktionszeiten und letztendlich auch der Gesamtleistung durch Gewöhnung oder durch ein mögliches "Vorausahnen" des Zeitpunktes eines neuen Signales bei rhythmischer Reizfolge verhindert werden.
Es ist weiter zu schließen, daß eine signifikante Verbesserung der Leistung durch Übung nicht stattgefunden hat. Demnach haben die Probanden ihr individuelles mittleres Leistungsniveau in diesen sehr einfach zu bewältigenden Tests schon in den ersten Untersuchungen des ersten Versuchstages erreicht und auch bis zum Ende beibehalten.
Die Mittelwerte der Kombinationstests zeigen die im Ergebnisteil charakterisierten Veränderungen. Diese Tests stellen an die Versuchspersonen schon größere Anforderungen bezüglich der Aufmerksamkeit und Konzentration und bedürfen aufgrund des höheren Schwierigkeitsgrades einer unterschiedlichen Einarbeitungsfrist. Der Abschluß dieser Phase ist im allgemeinen für den Farb-Farb-Test schon am zweiten Untersuchungstag erreicht, da keine Veränderung der Mittelwerte zum dritten Tag hin registriert werden kann.

Der Farb-Ton-Test unterscheidet sich vom erstgenannten Kombinationstest derart, daß sich auch noch eine Verkürzung der Reaktionszeiten vom zweiten zum dritten Versuchstag nachweisen läßt. Da die Reizfolge hier ebenfalls statistisch gestreut angeboten worden ist, sind auch die oben genannten leistungsfördernden Einflüsse gering zu bewerten. In diesem Zusammenhang ist am ehesten der Einfluß der Übung zur Erklärung der Leistungsveränderungen heranzuziehen. Da es auch hier keine Unterschiede im Leistungsverhalten zwischen den Probanden mit und ohne Präparateinnahme gibt, kann eine substanzspezifische Wirkung in vigilanzsteigernder oder -hemmender Weise auch für diese Testkombinationen unwahrscheinlich gemacht werden.
Nach den Erfahrungen von v. VOSS (1899) sind Anregung und Antrieb zwar auch leistungsfördernde Einflüsse, sie sind jedoch nur von kurzer Dauer und besitzen deshalb keine nachhaltige Wirkung. Da unsere Ergebnisse eine Leistungssteigerung über drei Versuchstage aufzeigen, können die oben geschilderten kurzzeitig wirkenden Einflüsse zur Erklärung nicht herangezogen werden. V. VOSS hat bei seinen Versuchen gleichfalls längerfristige Verbesserungen der Leistungen seiner Vpn gefunden und diese Erscheinungen dann eindeutig der Einarbeitung und Übung zugeschrieben.
Die Ergebnisse der Periodenanalyse sind für die vier Testkombinationen ebenfalls unterschiedlich, sodaß sie hier einzeln besprochen werden sollen. Die Frage, warum nur in einem Kombinationstest eine deutliche Periodik aufgetreten ist, läßt sich nicht mit absoluter Bestimmtheit beantworten. Wir wollen jedoch einige Überlegungen anstellen, die anhand bestimmter Fakten eine mögliche Erklärung bieten können. Es ist auffällig, daß die Monotests (F-, T-Test) keine dominante Frequenz nach unseren Untersuchungen beinhalten. Hierfür kann hauptsächlich ein Grund angeführt werden, der in der kurzen Testdauer zu sehen ist. Wie schon dargestellt, benötigt das von uns verwandte mathematische Verfahren zur Frequenz-Analyse eine gewisse Mindestzeit um Periodizitäten in den Auto-

korrelationskurven sicher nachweisen zu können (s.a.Abschn. B/I.2.d). Ist die Testzeit zu kurz, können einzelne Schwingungen nicht zur Ausprägung gelangen und sich so der Aufdeckung entziehen. Würden wir die im Farb-Farb-Test gefundene dominante Frequenz von 1/75 Hz auch in den Monotests voraussetzen, so bedeutet dies bei einer Periodendauer von 75 Sekunden, daß innerhalb unserer Testdauer von cirka 180 Sekunden maximal zwei volle Perioden verfolgt werden können. Durch die gewollten Zeitverschiebungen kann im ungünstigsten Fall auch nur eine vollständige Periode in den drei Minuten ausgeprägt sein, die sich dann mit ihrer Frequenz nicht mehr aus den Nebenfrequenzen herauslösen läßt. Bei der Betrachtung der gemittelten Spektren der beiden Monotests fällt auf, daß die entsprechende Frequenz tatsächlich einige Male vorhanden ist. Die Ausprägung ist jedoch nicht so stark, daß in den gemittelt-integrierten Spektren die Überzufälligkeit gegenüber den anderen Frequenzen nachgewiesen werden kann. Unter Berücksichtigung der Tabellen II.10 und II.11 können wir feststellen, daß im Einzelfall Lambda-Wert-Konstellationen zu finden sind, die auch hier eine Periodik vermuten lassen. Die Bedingungen, die durch die Empfindlichkeit des White-Noise-Tests gegeben sind, lassen in diesen Fällen keine verallgemeinernde Darstellung zu, was jedoch nicht bedeutet, daß es nicht möglich ist, durch veränderte Methodik und angepaßter mathematischer Bearbeitung Periodizitäten auch in den Monotests aufzudecken. Für den Ton-Test kommt noch ein besonderer Umstand hinzu, der schon bei der Bearbeitung der Einzelwerte als Auffälligkeit beschrieben worden ist. (s.u. "Ausreißer")
Die Frage nach der Bedeutung der Leistungskurven sowie die Einordnung in Leistungstypen bezüglich des Auftretens oder Nichtauftretens von Periodizitäten kann in diesem Zusammenhang als gering eingeschätzt werden, da sich die Kurvenverläufe in den vier Testarten nicht grundsätzlich unterscheiden. Wie wir zu zeigen vermögen, ist auch in den Reaktionszeiten der Farb-Ton-Tests keine Periodik der Leistungsschwankungen mit den be-

schriebenen Methoden aufzudecken. Da hier dieselben Voraussetzungen gegeben sind wie bei den Farb-Farb-Kombinationstests, müssen aufgrund der dort nachgewiesenen Periodizität besondere schwingungsverdeckende Faktoren zum Tragen gekommen sein. In der Tabelle II.12 fällt auf, daß im Gegensatz zu den Monotests kaum hohe Lambda-Werte zu finden sind, die zumindest auf einzelne überzufällige periodische Vorgänge hinweisen würden. Da auch die von uns erstellten individuellen Leistungskurven hier keine objektiven Aussagen erlauben, gestaltet sich die Interpretation dieser Ergebnisse besonders problematisch. Nicolai LANGE (1888) untersuchte die Schwankungen der optischen und akustischen Empfindungen getrennt voneinander. Er konnte nachweisen, daß die optischen Schwankungen immer kürzer als die akustischen, und daß die beiden unterschiedlichen Schwankungen niemals zusammenfallen. Wenden wir nun die Ergebnisse auf unser Problem an, so ist festzustellen, daß sich die Reaktionszeiten auf einen Farb-Ton-Reiz aus der Zusammenarbeit zweier unterschiedlicher Sinneszentren mit verschiedenen, aber jeweils charakteristischen Schwankungszeiten zusammensetzen (s.u. "Entstehungsort der Perioden"). Die Überlagerung zweier von einander verschiedener Perioden führt zu den, aus zahlreichen physikalischen Schwingungsprozessen bekannten, Interferenzerscheinungen (DORN, 1967). In diesem Zusammenhang ist eine Erklärung dahingehend möglich, daß es durch den von N. LANGE (1888) nachgewiesenen Gangunterschied (zeitliche Verschiebung) der Schwankungen zur Auslöschung, zumindest jedoch zur Verkleinerung der Amplituden der einzelnen Schwingung kommt. Die resultierende Schwingung kann dann aufgrund der oben erläuterten mathematischen Gegebenheiten nicht mehr von einem Rauschprozeß unterschieden werden und entzieht sich somit unserem Nachweis. Nach der zweiten Feststellung von LANGE, daß die Phasen der Schwankungen niemals zusammentreffen, ist auch eine mit der Interferenz erklärbare Addition der unterschiedlichen Amplitudenmaxima zum Zeitpunkt t_x und damit eine besonders deutliche Ausprägung einer Periode unwahrscheinlich.

Andere schon erläuterte periodizitätsüberlagernde Einflüsse können aufgrund der im Abschnitt B/II.3.c beschriebenen Ergebnisse ausgeschlossen werden.
Die gegenüber den anderen Tests deutliche ultradiane Periodik im Farb-Farb-Test ist unter den bisher geschilderten Gegebenheiten gut herzuleiten. So konnten die für die mathematische Auswertung geforderten Bedingungen erfüllt werden. Es liegen mit 30 Einzelwerten aus jeder Untersuchung eine genügend große Anzahl von Daten vor und die Testdauer scheint nach unseren Erfahrungen ausreichend zu sein, um Periodizitäten zu analysieren. Der Abbildung 20 ist zu entnehmen, daß sich während jeder Untersuchung fast vier vollständige Perioden mit der errechneten Frequenz ausgeprägt haben. Aus diesem Grund konnte mit Hilfe des White-Noise-Tests auch die Überzufälligkeit nachgewiesen werden, da keine andere Frequenz des Spektrums so häufig ist. Es lassen sich aber auch aus den Ergebnissen anderer Autoren Hinweise finden, die ein Auftreten von Periodizitäten gerade in diesem Reizkonstellationsmuster wahrscheinlich machen. Nach LANGE ist eine Versuchsperson stärker motiviert und erreicht ein höheres Aufmerksamkeitsniveau, wenn sie sich nur auf einen Sinneseindruck einzustellen braucht, der zudem noch doppelt angeboten wird. Durch die ungleich größere Anzahl an möglichen farbigen Lichtkombinationen, die nicht beantwortet werden dürfen, wird dem zu Untersuchenden zur richtigen Lösung der Aufgabe von vornherein eine höhere Konzentration als bei den Monotests abverlangt, die wiederum das Hervortreten der periodischen Schwankungen aus den begleitenden Rauschanteilen unterschiedlichster Herkunft und Entstehung verbessern kann. Die in Abbildung 19 dargestellte Häufigkeitsverteilung wirft die Frage auf, warum nicht alle Probanden die dominante Frequenz in den entsprechenden Spektren zeigen. Hier sind jetzt die in den einzelnen Abschnitten zusammengestellten Einflüsse, die auf die jeweiligen Probanden unterschiedlich von außen oder aus sich selbst heraus wirken, in die Betrachtung mit einzubeziehen. Wir wollen noch einmal betonen, daß ein Lambda-Wert in Tabelle II.9,

der kleiner als eins ($\lambda < 1$) ist nicht bedeutet, daß die betreffende Versuchsperson die Frequenz in ihrem Spektrum nicht besitzt, sondern daß hier diese Frequenz nicht so stark zur Ausprägung gelangt ist, daß sie nach den Bedingungen des White-Noise-Tests als dominant zu bezeichnen wäre. Gerade zur Beurteilung der Ausprägung der dominanten Frequenz erweisen sich die Leistungskurven als brauchbar. Unter Punkt B/II.4.d kann anhand der Gegenüberstellung der Abbildungen 17 und 18 gezeigt werden, daß die errechnete Frequenz bei Probanden, die zum konstanten Leistungstyp zählen deutlicher in Erscheinung tritt, als bei denen des inkonstanten Leistungstyps. Das bedeutet, daß die Versuchspersonen mit schwacher Motivation, Ermüdung, schlechter Disposition oder Konzentrationsschwäche einen zu geringen Abstand zwischen Rauschpegel und Frequenzausprägungsmaximum besitzen, der mathematisch nicht mehr ausreichend erfaßt werden kann. Wir haben bewußt darauf verzichtet, eine gewisse Höhe des Rauschpegels vorauszusetzen und diesen dann in die Berechnungen nicht mit eingehen zu lassen, da das die Basis verschmälert hatte, wodurch die Änderung des Verhältnisses Ausprägung der dominanten Frequenz zur Ausprägung der Nebenfrequenzen ein noch deutlicheres Herausheben der Sekundenperiodik möglich gewesen wäre. Diese Verzerrung der tatsächlichen Verhältnisse liegt also hier nicht vor, sodaß alle Daten als unbereinigte Rohwerte mit ihren nur schwer erfaßbaren biorhythmischen Besonderheiten in Erscheinung treten. Dies muß in jedem Falle bei der Interpretation und Beurteilung berücksichtigt werden. In den Fällen, wo in der entsprechenden Lambda-Verteilung eine hohe Ausprägung der Grundfrequenz zu finden ist, die die dominante Frequenz überlagert, liegen in der Regel wieder Kurven vor, die wegen ihrer besonderen, schon an Bildbeispielen im Text erläuterten Verläufe, zu systematischen Berechnungsfehlern geführt haben und somit in ihrer Aussagekraft eingeschränkt sind. Für einen Teil der Probanden lassen sich jedoch keine sachlichen Gründe finden, mit denen sich ein Nichtauftreten von Periodizitäten zu-

friedenstellend erklären läßt, wobei sicher Einflüsse komplexer Natur eine Rolle spielen, die sich nicht bis ins Detail aufschlüsseln lassen und deshalb nicht in jedem Falle erfaßbar sind (SCHMIDT 1973). Diesbezüglich verweisen wir auch auf die Untersuchungen von HAMPP (1961) die erkennen lassen, daß nicht unbedingt alle Menschen sogenannte "Rhythmiker" sein müssen.

Die 29 Probanden, die wir sicher zu den "Frequenzträgern" zählen können, unterscheiden sich nur durch die individuelle Ausprägung der dominanten Frequenz voneinander. Die Versuchspersonen gehören zum größten Teil zu dem konstanten Leistungstyp (KL) beziehungsweise zu denen, die sich aufgrund der Verläufe der Leistungskurven nicht sicher zuordnen lassen. Aus diesem Ergebnis ist zu folgern, daß die Größe des Abstandes zwischen den Nebenfrequenzen und der dominanten Frequenz von den gleichen Einflüssen abhängt, die auch den Verlauf der Kurven bestimmen. Das heißt, daß stark motivierte Probanden, die nicht ermüdet sind, die besten Voraussetzungen zum Nachweis von periodischen Schwankungen in ihrer Leistung bieten. Nach der Betrachtung der Einzelwerte können wir feststellen, daß die kürzesten Reaktionszeiten im Einzelversuch und damit ein kurzzeitig gutes Leistungsergebnis nicht zwangsläufig zu der Einordnung der betreffenden Probanden zum konstanten Leistungstyp führt. Für die Ausprägung der dominanten Frequenz ist es nach unseren Untersuchungen wichtiger, ein stabiles Leistungsniveau über alle Versuche während der gesamten Versuchszeit zu besitzen. Die Ausprägung ist dann von der Lage des stabilen Leistungsniveaus im Koordinatensystem, die von den insgesamt langen oder kurzen Reaktionszeiten des Einzelnen bestimmt wird, relativ unabhängig.

STEBEL und SINZ (1971) konnten zeigen, daß die von ihnen nachgewiesene 2-Minuten-Periodik eine große Stabilität gegenüber Störeinflüssen besitzt. Wir können dieses Ergebnis bestätigen, da die von uns dargestellte Periodik ebenfalls bei vielen Probanden in den zu verschiedenen Tageszeiten durchgeführten Untersuchungen über mehrere Tage nachweisbar bleibt. Einschrän-

kend müssen wir jedoch hinzufügen - da wir mit Hilfe der Spektren auch die Ausprägungen der Frequenz erfassen können -, daß diese sehr empfindlich gegenüber Störeinflüssen (s.o.) ist. Dies ist aus den gebotenen Abbildungen von Frequenzspektren im vorstehenden Teil dieser Arbeit leicht zu ersehen.

Die von STEBEL und SINZ aufgeworfene Frage, ob der cirkadiane Rhythmus die Frequenz der periodischen Leistungsschwankungen beeinflußt, kann auch durch unsere Untersuchungen aufgrund einer anderen Problemstellung nicht abschließend beantwortet werden. Der Verlauf der Kurven in Abbildung 20 ergibt jedoch einen Hinweis, welche Wirkung die von HAMPP (1961) nachgewiesenen tagesrhythmischen Leistungsschwankungen auf die Ausprägung der dominanten Frequenz haben. Eine Änderung der Frequenz selbst konnten wir aber nicht finden.
Zu den Berechnungen und der absoluten Höhe der nachgewiesenen Frequenz sollen hier ein paar grundsätzliche Überlegungen angestellt werden. Wir konnten anhand der Formeln erkennen, daß nicht jede mögliche Frequenz, die in diesen untersuchten chronobiologischen Prozessen denkbar wäre, analysiert werden kann. Aufgrund der unumgänglichen mathematischen Bedingungen gibt es Grenzen, die auf der einen Seite durch die Versuchsanordnung und Methodik (s. dort), und auf der anderen Seite durch die Berechenbarkeit bestimmt werden. Es ist durchaus möglich, einmal durch Veränderungen der Vorbedingungen, zum anderen durch Beeinflussung der Vpn (Verstärkung der Motivation durch Belohnung usw.) in der Zukunft noch höhere Frequenzen und damit kürzere Perioden nachzuweisen. Die Aussagekraft der absoluten errechneten Frequenz steht also an Wertigkeit hinter der Beschreibung der prinzipiellen Möglichkeiten zur Aufdeckung episodischer Perioden zurück. Während unserer Analysen haben wir erkennen müssen, daß mit dem Versuch der Darstellung hoher Frequenzen die Schwierigkeit einer Trennung bestimmter Frequenzen von den Rauschprozessen stark zunimmt. Es ergibt sich daraus die Notwendigkeit, zukünftig auch die Rauschanteile zu untersuchen, die Entstehungsorte zu ermitteln, um durch Veränderungen der Versuchsbedingungen zu bereinigten und damit

deutlichen Perioden zu gelangen. In diesem Zusammenhang haben wir zeigen können, daß der Vergleich der Ergebnisse komplexerer psychophysischer Vorgänge (Leistungskurven) mit denen der Periodenanalyse für das Verständnis der Einzelverläufe sehr hilfreich gewesen ist.

Zum Schluß soll noch die Frage nach der Herkunft der nachgewiesenen Perioden erörtert werden. Grundsätzlich sind entweder periphere Strukturen der Sensorik oder zentrale Systeme als Entstehungsort der periodischen Schwingungen denkbar (FORSSMANN, 1974; SCHMIDT, 1973). Da wir mit unserer Versuchsanordnung diese Unterscheidung nicht vornehmen können, müssen wir auf die Beobachtungen und Ergebnisse anderer Autoren zurückgreifen, die hier wegen der Bedeutung kurz angeführt werden sollen. Sowohl ASCHOFF (1955), L. LANGE (1888), STEBEL und SINZ (1971 a u. b) als auch v. VOSS (1899) setzen in ihren Arbeiten aufgrund theoretischer Überlegungen die zentrale Herkunft der Perioden voraus. Nicolai LANGE (1888) konnte durch die Beschreibung der Veränderungen von Erinnerungsbildern (Schröder´sche Treppenfigur), deren Auftreten nicht mehr von der Reizaufnahme und Reizleitung abhängig ist, glaubhaft machen, daß diese Empfindungsschwankungen Leistungen höherer Sinneszentren sind. Noch schlüssiger ist die Beweisführung von H. v. HELMHOLTZ (1910), der durch Verwendung von speziellen Apparaturen am Lichtsinn zeigen konnte, daß die Schwankungen der Lichtempfindung nicht durch periphere Teile, etwa im Sinne einer rhythmisch wechselnden Ermüdungs- und Erholungsphase der Reizaufnahmegebilde, ausgelöst werden. Der Autor will aufgrund seiner Ergebnisse die Schwankungen als eine Leistung übergeordneter zentralnervöser Strukturen verstanden wissen. Da hier die Beweisführung durch modifizierte Reiz-Reaktions-Versuche erfolgt ist, schließen wir uns wegen der vergleichbaren Voraussetzungen dieser Auffassung an. Setzen wir nun für die weitere Betrachtung der Ergebnisse den zentralen Ursprung voraus, so ist mit Gewissheit zu sagen, daß die in den Versuchen geprüfte Substanz

auch keinen Einfluß auf die endogenen episodischen Perioden hat.
Da viele Substanzen im Gebrauch sind, deren Wirkung auf die Reaktionszeiten schon bewiesen ist, bleibt die Frage nach dem Einfluß auf die Periodizitäten und darüber hinaus auf die Steuerungszentren noch offen. Die weitere Erforschung der Reiz-Reaktions-Phänomene, und hier besonders der zentralen Vorgänge, erscheint unter der ständig zunehmenden Belastung durch eine technisierte Umwelt besonders dringlich zu sein, da für das Individuum die Intaktheit seines Reaktionsverhaltens lebensnotwendig ist.
Die Einordnung der Ergebnisse in den Gesamtkomplex der chronobiologischen Forschung, bezüglich der stichwortartig dargestellten Krankheitsbilder (s.S. 7 ff) und anderer biorhythmischer Erscheinungen, ist der weiteren Bearbeitung vorbehalten.

D. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit sollte anhand von Reaktionszeiten aus einfachen und kombinierten Tests eine Sekundenperiodik der psychischen Leistung nachgewiesen werden. Dazu wurden 40 erwachsene gesunde Versuchspersonen (Vpn) beiderlei Geschlechts im Alter zwischen 20 und 29 Jahren für die Untersuchungen verpflichtet. Das Gesamtkollektiv wurde in zwei Gruppen zu je 20 Vpn durch ein Randomisierungsschema aufgeteilt, wobei die Probanden der Verum-Gruppe über den gesamten Versuchszeitraum dreimal täglich, gegen 9.00 Uhr, 12.00 Uhr und gegen 16.00 Uhr einen gelatineverkapselten Extrakt der Baldrianwurzel (Valeriana officinalis) unzerkaut einnehmen mußten. Die Vpn der anderen Gruppe erhielten zu den selben Zeiten ein Placebo. Bei der insgesamt 7tägigen Versuchsdauer hatten sich alle Probanden am ersten, vierten und siebten Versuchstag einer ganztägigen Untersuchung zu unterziehen. Während dieser Untersuchung wurden über den Tag verteilt jeweils viermal über drei Minuten von jeder Versuchsperson eine Elektroencephalogramm abgeleitet, an das sich unsere Reaktionszeitmessungen anschlossen. Zu Anfang der Untersuchungsperiode wurde mit Hilfe von Tests der psychische Status der Probanden bestimmt, danach folgte zu jeder vollen Stunde über den ganzen Tag die Kontrolle von Blutdruck und Puls, sowie das Ausfüllen der speziellen Fragebögen zum subjektiven Befinden.
Die Untersuchungen mit dem Wiener Reaktionsgerät nach Dr. SCHUHFRIED bestanden aus der Registrierung der Reaktionszeiten auf Farb-, Ton-, Farb-Farb- und Farb-Ton-Reizfolgen. Jede Reizfolge beinhaltete statistisch gestreut 30 zu beantwortende Signale.
Aufgrund der statistischen Datenverarbeitung kommen wir zu folgenden Aussagen:

1. Die registrierten physischen und psychischen Parameter haben sich über den gesamten Untersuchungszeitraum nicht verändert. Weder bei Puls, Blutdruck noch bei den Ergebnissen der psychologischen Tests einschließlich der Daten aus den Fragebögen über das "Subjektive Befinden" haben sich Unterschiede zwischen der Verum- und Placebo-Gruppe ergeben.

2. Die geprüfte Substanz führte bei den Probanden der Verum-Gruppe in den Auto- und Kreuz-Spektren des Elektroencephalogramms im allgemeinen zu einer Zunahme der Alpha-Wellen-Frequenz mit einer parallelen Abnahme der entsprechenden Parameter der Theta-Wellen. Darüber hinaus nahm die Beta-Wellen-Frequenz bei dieser Gruppe zu. Der stärkste Effekt trat nach der Einnahme der zweiten Kapsel auf. Diese Veränderungen sind über eine "Säuberung" des Alpha-Wellen-Spektrums erklärbar, indem tiefere Frequenzen in den Theta- beziehungsweise Delta-Wellen-Bereich übergegangen sind.

3. Aus dem Vergleich der Reaktionszeiten der Verum- mit denen der Placebo-Gruppe ist zu schließen, daß der Wirkstoff keinen Einfluß auf das Reiz-Reaktions-Verhalten des Menschen, in der hier erfolgten Dosierung ausübt.

4. Bei den Monotests (F-, T-Test) konnte keine Veränderung der Reaktionszeiten anhand der Mittelwerte vom ersten zum zweiten und vom zweiten zum dritten sowie vom ersten zum dritten Versuchstag gefunden werden. Nach dem Erreichen eines mittleren Leistungsniveaus innerhalb der Untersuchungen des ersten Versuchstages hielten sich dann die leistungsfördernden und -hemmenden Einflüsse die Waage.

5. Bei den Kombinationstest (FF-, FT-Test) ist eine unterschiedliche Verkürzung der Reaktionszeiten im Verlauf der Untersuchungen nachzuweisen. Die Verkürzung ist für die Farb-Farb-Tests nur vom ersten zum zweiten und vom ersten zum dritten

Untersuchungstag signifikant. Die Farb-Ton-Tests unterscheiden sich vom erstgenannten Kombinationstest anhand der Mittelwerte durch eine nochmalige Verbesserung der Reaktionszeiten vom ersten zum dritten Untersuchungstag hin.

6. Die Leistungskurven, in denen sich der Einfluß aller Reaktionszeiten der verschiedenen Versuche widerspiegelt, haben so eine weitgehende Aufteilung der Probanden in konstante und inkonstante Leistungstypen nach den entsprechenden charakteristischen leistungsfördernden und -hemmenden Merkmalen ermöglicht. Die durch diese Aufteilung gewonnenen Beurteilungskriterien für das individuelle Leistungsverhalten haben die folgenden Ergebnisse entscheidend mitgeprägt.

7. Von den, aus allen Tests gewonnenen, Reaktionszeiten sind Autokorrelationskurven erstellt worden, die dann mit Hilfe der Fourier-Analyse auf das Vorhandensein von Periodizitäten untersucht worden sind. Die Prüfung der Ergebnisse der Analysen auf Überzufälligkeit ist mit dem White-Noise-Test durchgeführt worden.
In den Monotests und im Farb-Ton-Test konnten wir, mit den von uns verwandten Methoden, keine Perioden mit einer dominanten Frequenz aufdecken. Die Begründung dieser Ergebnisse erfolgt im ersten Falle über die zu kurze Testdauer und im zweiten Fall mit den für diesen Test geltenden Besonderheiten (Interferenzerscheinungen).
Die Analyse der Farb-Farb-Tests aller Probanden hat zum Nachweis einer Periodik geführt, für die eine errechnete mittlere Periodendauer von 75 Sekunden gilt. Die Dominanz der 1/75 Hz Frequenz in den Spektren ist durch die χ -Verteilung in den gemittelt-integrierten Spektren belegt worden. Durch die Darstellung der Frequenzspektren von je vier Untersuchungen an den drei Versuchstagen von einer Versuchsperson, die dem konstanten Leistungstyp unterzuordnen ist, konnten sowohl die Persistenz als auch Schwankungen des Ausprägungsgrades der

dominanten Frequenz nachgewiesen werden.
Die Untersuchungen des Gesamtkollektivs bezüglich der Periodik erbrachten 29 Probanden, die zu den "Frequenzträgern" zählen und 11 Probanden, bei denen der Abstand zwischen den Nebenfrequenzen und der 1/75 Hz Frequenz so gering ist, daß diese Frequenz nicht mit der statistisch geforderten Sicherheit als dominant zu bezeichnen ist.
Ein Einfluß der geprüften Substanz auf die Entstehung und Ausprägung der Perioden ist nicht zu erkennen. Bezüglich der statistisch verglichenen Parameter liegt kein Unterschied zwischen der Verum- und Placebo-Gruppe vor.

8. Beim Vergleich der Leistungskurven von Probanden, die dem konstanten beziehungsweise dem inkonstanten Leistungstyp zuzuordnen sind, mit den betreffenden gemittelten Frequenzspektren und den gemittelt-integrierten Spektren zeigen sich aufgrund der unterschiedlichen Ausprägung der dominanten Frequenz deutliche Abhängigkeiten. Die konstanten Leistungstypen weisen eine hohe Ausprägung der ermittelten Frequenz bei relativ geringer Ausbildung der Nebenfrequenzen auf, was in diesen Fällen zu einem großen Rauschpegelabstand geführt hat. Bei inkonstanten Leistungstypen wird häufig die zwar gut ausgeprägte dominante Frequenz von Nebenfrequenzen überlagert, da die in die Approximationskurven eingehenden leistungshemmenden Einflüsse zu periodizitätsüberlagernden Rauschprozessen führen.

9. Durch die Untersuchungen und Berechnungen haben wir die für eine chronobiologische Darstellungsweise notwendigen Kurvenpunkte gewinnen können. Dadurch ist die Aufzeichnung der 75-Sekunden-Periodik in bereinigter Form als sogenannter Cosinor möglich geworden.

10. Unter Berücksichtigung ähnlicher Untersuchungen anderer Autoren nehmen wir die zentrale Herkunft und Entstehung dieser in den Reaktionszeiten nachgewiesenen Perioden als Aus-

druck der Leistungsschwankungen an.
Zur Klärung der Frage nach der Beeinflußbarkeit dieser endogenen Perioden durch zentral angreifende Substanzen, sowie die Auswirkung cyklisch auftretender Veränderungen im Zentralnervensystem (Erkrankungen usw.) auf den regelmäßigen Ablauf, bedarf es noch weiterer Untersuchungen auf chronobiologischer und -medizinischer Basis.

E. ANHANG

1. Tabellarische Darstellung der Ergebnisse

Tabelle II.1.a:

Vergleich der Tagesmittelwerte (MW in 1/100 sec.) des Farb-Tests der Untersuchungen des 1. Untersuchungstages gegen die des 2. Untersuchungstages (t-Test).

GRUPPE	MITTELWERTE (MW)		$t_{19} = 1.73$
	1. Unters.-Tag	2. Unters.-Tag	
Verum	26.916	25.882	+1.809
Placebo	27.389	27.265	+0.220
Beide Gruppen	27.152	26.574	+1.436

Tabelle II.1.b:

Vergleich der Tagesmittelwerte (MW in 1/100 sec.) des Farb-Tests der Untersuchungen des 2. Untersuchungstages gegen die des 3. Untersuchungstages (t-Test).

GRUPPE	MITTELWERTE (MW)		$t_{19} = 1.73$
	2. Unters.-Tag	3. Unters.-Tag	
Verum	25.883	26.917	+1.524
Placebo	27.265	27.216	+0.742
Beide Gruppen	26.574	27.515	+1.693

Tabelle II.1.c:

Vergleich der Tagesmittelwerte (MW in 1/100 sec.) des Farb-Tests der Untersuchungen des 1. Untersuchungstages gegen die des 3. Untersuchungstages (t-Test).

GRUPPE	MITTELWERTE (MW)		$t_{19} = 1.73$
	1. Unters.-Tag	3. Unters.-Tag	
Verum	26.916	26.917	+0.001
Placebo	27.389	27.515	+0.207
Beide Gruppen	27.152	27.216	+0.117

Tabelle II.2.a:

Vergleich der Tagesmittelwerte (MW in 1/100 sec.) des Ton-Tests der Untersuchungen des 1. Untersuchungstages gegen die des 2. Untersuchungstages (t-Test).

GRUPPE	MITTELWERTE (MW)		$t_{19} = 1.73$
	1. Unters.-Tag	2. Unters.-Tag	
Verum	25.709	25.012	+0.947
Placebo	25.317	25.140	+0.462
Beide Gruppen	25.513	25.076	+1.062

Tabelle II.2.b:

Vergleich der Tagesmittelwerte (MW in 1/100 sec.) des Ton-Tests der Untersuchungen des 2. Untersuchungstages gegen die des 3. Untersuchungstages (t-Test).

GRUPPE	MITTELWERTE (MW)		$t_{19} = 1.73$
	2. Unters.-Tag	3. Unters.-Tag	
Verum	25.012	24.972	+0.068
Placebo	25.140	25.491	+0.775
Beide Gruppen	26.574	27.216	+1.693

Tabelle II.2.c:

Vergleich der Tagesmittelwerte (MW in 1/100 sec.) des Ton-Tests der Untersuchungen des 1. Untersuchungstages gegen die des 3. Untersuchungstages (t-Test).

GRUPPE	MITTELWERTE (MW)		$t_{19} = 1.73$
	1. Unters.-Tag	3. Unters.-Tag	
Verum	25.317	25.419	+0.317
Placebo	25.513	25.231	+0.606
Beide Gruppen	25.709	24.972	+0.978

Tabelle II.3.a:

Vergleich der Tagesmittelwerte (MW in 1/100 sec.) des Farb-Farb-Tests der Untersuchungen des 1. Untersuchungstages gegen die des 2. Untersuchungstages (t-Test).

GRUPPE	MITTELWERTE (MW)		$t_{19} = 1.73$
	1. Unters.-Tag	2. Unters.-Tag	
Verum	34.397	31.481	+2.990
Placebo	34.393	31.650	+3.986
Beide Gruppen	34.395	31.566	+4.802

Tabelle II.3.b:

Vergleich der Tagesmittelwerte (MW in 1/100 sec.) des Farb-Farb-Tests der Untersuchungen des 2. Untersuchungstages gegen die des 3. Untersuchungstages (t-Test).

GRUPPE	MITTELWERTE (MW)		$t_{19} = 1.73$
	2. Unters.-Tag	3. Unters.-Tag	
Verum	31.481	30.809	+1.060
Placebo	31.650	31.131	+0.973
Beide Gruppen	31.566	30.970	+1.455

Tabelle II.3.c:

Vergleich der Tagesmittelwerte (MW in 1/100 sec.) des Farb-Farb-Tests der Untersuchungen des 1. Untersuchungstages gegen die des 3. Untersuchungstages (t-Test).

GRUPPE	MITTELWERTE (MW)		$t_{19} = 1.73$
	1. Unters.-Tag	3. Unters.-Tag	
Verum	34.397	30.809	+3.425
Placebo	34.393	31.131	+4.075
Beide Gruppen	34.395	30.970	+5.259

Tabelle II.4.a:

Vergleich der Tagesmittelwerte (MW in 1/100 sec.) des Farb-Ton-Tests der Untersuchungen des 1. Untersuchungstages gegen die des 2. Untersuchungstages (t-Test).

GRUPPE	MITTELWERTE (MW)		$t_{19} = 1.73$
	1. Unters.-Tag	2. Unters.-Tag	
Verum	36.992	33.483	+3.430
Placebo	36.146	32.057	+5.102
Beide Gruppen	36.569	32.770	+5.907

Tabelle II.4b:

Vergleich der Tagesmittelwerte (MW in 1/100 sec.) des Farb-Ton-Tests der Untersuchungen des 2. Untersuchungstages gegen die des 3. Untersuchungstages (t-Test).

GRUPPE	MITTELWERTE (MW)		$t_{19} = 1.73$
	2. Unters.-Tag	3. Unters.-Tag	
Verum	33.493	31.521	+2.556
Placebo	32.057	30.416	+3.320
Beide Gruppen	32.770	30.968	+3.992

Tabelle II.4.c:

Vergleich der Tagesmittelwerte (MW in 1/100 sec.) des Farb-Ton-Tests der Untersuchungen des 1. Untersuchungstages gegen die des 3. Untersuchungstages (t-Test).

GRUPPE	MITTELWERTE (MW)		$t_{19} = 1.73$
	1. Unters.-Tag	3. Unters.-Tag	
Verum	36.992	31.521	+4.971
Placebo	36.146	30.416	+6.238
Beide Gruppen	36.569	30.968	+7.921

Tabelle II.5: Vergleich der Mittelwerte (MW in 1/100 sec.) der Farb-Tests zwischen Verum- und Placebo-Gruppe.

TAG	UNTERS.	MW der GRUPPEN		$t_{38} = 1.68$
		VERUM	PLACEBO	
1	1	26.582	25.840	+0.656
1	2	27.425	27.822	+0.323
1	3	26.583	27.398	+0.627
1	4	27.073	28.497	+1.225
2	1	25.536	26.095	+0.538
2	2	26.368	27.353	+0.796
2	3	25.913	27.585	+1.333
2	4	25.710	28.027	+1.854
3	1	26.423	26.890	+0.411
3	2	26.715	27.308	+0.421
3	3	26.945	28.015	+0.686
3	4	27.585	27.845	+0.185

Tabelle II.6: Vergleich der Mittelwerte (MW in 1/100 sec.) Ton-Tests zwischen Verum- und Placebo-Gruppe.

TAG	UNTERS.	MW der GRUPPEN		$t_{38} = 1.68$
		VERUM	PLACEBO	
1	1	25.325	24.177	+1.156
1	2	25.543	25.677	+0.133
1	3	25.603	25.887	+0.243
1	4	26.363	25.530	+0.657
2	1	24.580	25.455	+0.919
2	2	26.210	25.257	+0.761
2	3	24.923	25.280	+0.290
2	4	24.337	24.567	+0.209
3	1	25.149	26.098	+0.676
3	2	24.812	24.997	+0.159
3	3	25.150	25.450	+0.198
3	4	24.777	25.418	+0.545

Tabelle II.7: Vergleich der Mittelwerte (MW in 1/100 sec.) der Farb-Farb-Tests zwischen Verum- und Placebo-Gruppe (t-Test).

TAG	UNTERS.	MW der GRUPPEN		$t_{38} = 1.68$
		VERUM	PLACEBO	
1	1	34.295	34.662	+0.255
1	2	33.870	33.225	+0.433
1	3	32.973	32.827	+0.100
1	4	36.448	36.860	+0.307
2	1	31.930	32.250	+0.197
2	2	32.003	32.130	+0.077
2	3	31.727	31.443	+0.147
2	4	30.265	30.788	+0.265
3	1	30.382	31.297	+0.499
3	2	31.120	30.507	+0.282
3	3	30.915	32.057	+0.532
3	4	30.818	30.663	+0.082

Tabelle II.8: Vergleich der Mittelwerte (MW in 1/100 sec.) der Farb-Ton-Tests zwischen Verum- und Placebo-Gruppe (t-Test)

TAG	UNTERS.	MW der GRUPPEN		$t_{38} = 1.68$
		VERUM	PLACEBO	
1	1	40.188	39.652	+0.291
1	2	37.278	37.448	+0.097
1	3	35.735	33.687	+1.404
1	4	34.768	33.798	+0.636
2	1	35.143	33.033	+1.248
2	2	33.475	32.398	+0.617
2	3	33.137	30.830	+1.399
2	4	32.177	31.976	+0.104
3	1	32.515	30.642	+0.951
3	2	31.445	30.100	+0.663
3	3	31.140	30.487	+0.315
3	4	30.983	30.435	+.0306

Tabelle II.9: Lambda-Werte ($\lambda > 1$) der gemittelten und gemittelt-integrierten Spektren des Farb-Farb-Tests.

Prob.	K=01	K=02	K=03	K=04	K=05	K=06	K=07	K=08	K=09	K=10	K=11	K=12	K=13	K=14	K=15
01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02	-	-	-	1.33	1.11	1.41	1.63	1.61	1.23	1.13	1.28	1.18	-	-	-
03	-	-	-	2.13	2.11	2.22	1.90	2.12	2.01	2.02	1.65	1.13	1.04	-	-
04	-	1.04	-	1.94	2.16	1.99	1.95	1.88	2.05	1.71	1.73	1.37	-	-	-
05	-	-	-	1.06	-	-	1.59	2.01	1.76	1.50	1.10	-	1.04	-	-
06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07	-	-	-	1.20	-	-	1.07	1.15	-	-	-	1.01	-	-	-
08	-	-	-	1.08	1.21	-	1.18	1.23	1.44	1.02	1.34	1.07	-	-	-
09	-	-	-	2.41	2.48	2.49	2.45	2.69	2.54	2.14	1.98	1.70	1.30	-	-
10	-	-	-	1.10	1.21	1.02	1.13	1.25	1.21	-	1.01	-	-	-	-
11	-	-	-	-	1.06	-	-	-	-	-	1.38	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	1.05	1.04	1.05	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	2.10	2.23	2.15	2.41	2.30	2.00	1.96	1.76	1.42	-	-	-
14	-	-	-	1.07	-	-	1.27	1.61	1.32	-	1.00	1.25	-	-	-
15	-	-	-	1.09	1.18	-	-	1.29	-	1.12	-	-	-	-	-
16	-	-	-	1.30	1.51	1.21	1.05	1.03	1.14	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	1.17	1.30	1.15	1.23	1.47	1.19	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	1.71	1.82	1.59	1.92	1.77	1.61	1.43	1.53	1.18	-	-	-
19	-	-	-	2.35	2.14	2.21	2.23	2.10	1.78	1.77	1.71	1.56	1.10	-	-
20	-	-	-	1.05	-	-	1.21	-	-	1.58	1.16	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	1.86	2.15	2.34	2.35	2.26	2.12	1.71	1.27	1.01	-	-	-
24	-	-	-	2.22	2.15	1.97	2.22	2.24	2.29	2.07	1.64	1.48	1.06	-	-
25	-	-	-	1.16	1.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	1.19	1.50	1.63	1.59	1.27	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	1.07	1.21	1.05	-	1.77	1.43	1.44	1.18	-	-	-	-
29	-	1.10	-	1.34	1.58	1.41	1.16	1.06	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	2.25	2.35	2.06	1.79	1.73	1.45	1.31	1.66	1.33	-	-	-
31	-	-	-	1.15	1.55	1.37	1.20	-	-	-	-	1.16	1.08	-	-
32	-	-	1.12	1.85	2.03	2.02	1.97	1.57	1.33	-	1.05	-	-	-	-
33	-	-	1.06	2.05	1.89	1.99	1.70	1.66	1.39	1.34	1.24	-	-	-	-
34	-	-	-	1.29	1.12	-	-	-	-	-	1.06	-	-	-	-
35	-	-	-	1.02	1.06	1.30	1.32	1.54	1.40	1.44	1.59	1.27	-	-	-
36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	-	-	-	-	-	1.04	1.35	1.32	1.33	1.01	-	-	-	-	-
38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	-	-	-	1.42	2.00	1.68	1.67	1.33	-	-	-	-	-	-	-
40	-	-	-	1.50	1.60	1.49	1.59	1.49	1.31	1.00	1.23	-	-	-	-

Tabelle II.10: Lambda-Werte(λ>1) der gemittelten und gemittelt-integrierten Spektren der Farb-Tests.

Prob	K=01	K=02	K=03	K=04	K=05	K=06	K=07	K=08	K=09	K=10	K=11	K=12	K=13	K=14	K=15
01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02	-	-	-	-	-	1.29	1.09	-	-	-	1.12	-	-	-	-
03	-	1.05	1.07	1.10	-	-	1.31	-	-	-	-	-	-	-	-
04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06	-	-	1.06	1.16	1.43	1.20	1.37	1.22	1.43	1.28	1.20	1.13	1.04	-	-
07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.18	-	-
08	-	1.46	1.49	1.28	-	-	1.05	1.04	-	1.07	-	-	-	-	-
09	-	1.46	1.20	1.17	1.07	1.61	1.38	1.09	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	1.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	1.02	1.14	1.25	-	1.22	1.22	1.04	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	1.11	1.13	-	-	1.06	1.08	-	1.08	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	1.22	1.27	1.49	1.59	1.85	1.54	1.58	1.48	1.37	1.14	1.06	1.05	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	1.10	1.36	1.24	1.11	1.21	1.19	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	1.19	-	1.07	1.37	1.56	1.05	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	1.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	1.05	1.51	1.30	1.12	1.09	1.12	1.15	-	-	-	-	-	-	-
29	-	1.11	1.08	1.43	1.39	1.34	1.27	1.05	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	1.07	1.02	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	1.35	1.42	1.26	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	1.11	-	-	1.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	-	-	1.02	1.14	1.03	1.04	1.35	1.24	1.16	-	1.05	1.06	-	-	-
34	-	-	-	-	-	1.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	1.15	1.80	1.74	1.50	1.15	1.10	1.29	1.30	1.34	1.30	1.18	-	-	-	-
36	-	-	-	-	-	-	1.09	-	-	1.36	1.19	1.06	-	-	-
37	-	-	1.31	1.16	1.25	1.30	1.11	1.42	1.18	-	-	-	-	-	-
38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	-	-	1.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle II.11: Lambda-Werte($\lambda>1$) der gemittelten und gemittelt-integrierten Spektren der Ton-Tests.

Prob	K=01	K=02	K=03	K=04	K=05	K=06	K=07	K=08	K=09	K=10	K=11	K=12	K=13	K=14	K=15
01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02	-	-	-	-	-	-	-	1.11	-	-	-	-	-	-	-
03	1.06	1.79	1.74	1.40	1.39	1.34	1.78	1.52	1.50	1.42	1.01	-	-	-	-
04	-	1.68	1.70	1.58	1.31	1.40	1.66	1.81	1.71	1.55	1.29	-	-	-	-
05	-	1.13	1.29	1.14	1.34	1.17	1.12	1.23	1.09	-	-	-	-	-	-
06	-	1.36	1.32	1.02	1.33	1.25	-	1.15	1.65	1.21	-	-	-	-	-
07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08	-	1.11	1.01	1.14	1.13	1.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	1.42	1.03	1.08	1.14	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	1.11	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	1.32	1.95	2.21	1.76	1.57	1.61	1.38	1.21	1.37	1.17	-	-	-	-
16	-	-	-	1.04	1.28	1.46	1.44	1.46	1.30	1.31	1.10	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	1.10	1.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	1.49	1.76	1.84	1.52	1.54	1.36	1.16	1.52	1.33	1.03	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	1.15	1.12	1.06	1.28	1.09	-	-	-	-	-
22	-	1.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	1.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	1.01	1.16	-	-	1.04	1.08	-	-	-	-	-	-
25	-	1.23	1.79	1.87	1.92	2.32	2.12	1.86	1.53	1.20	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	1.05	1.01	1.20	1.19	1.26	1.07	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	1.18	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	1.22	1.08	-	-	-	1.06	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	1.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	1.30	2.01	2.16	2.37	2.15	1.88	1.78	1.82	1.78	1.32	1.17	-	-	-	-
33	-	1.07	1.44	1.32	1.28	1.21	1.68	1.50	1.45	1.59	1.19	-	-	-	-
34	-	1.35	1.42	1.40	1.11	-	1.25	1.05	-	-	-	-	-	-	-
35	-	1.11	1.25	1.22	1.16	1.66	1.71	1.42	1.46	1.40	-	-	-	-	-
36	-	1.02	1.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	-	1.33	1.29	1.13	1.49	1.64	1.48	1.20	1.17	-	-	-	-	-	-
38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	-	-	-	-	1.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle II.12: Lambda-Werte($\lambda>1$) der gemittelten und gemittelt-integrierten Spektren des Farb-Ton-Tests.

Prob	K=01	K=02	K=03	K=04	K=05	K=06	K=07	K=08	K=09	K=10	K=11	K=12	K=13	K=14	K=15
01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.09	-	-	-
03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04	-	-	-	-	1.30	1.26	1.28	1.34	1.51	1.41	1.14	1.03	-	-	-
05	-	-	-	-	-	-	1.34	1.40	1.55	1.20	1.26	-	-	-	-
06	-	-	-	-	-	-	-	1.08	1.20	1.06	-	-	-	-	-
07	-	-	-	1.22	1.41	1.15	1.13	1.03	1.08	1.13	1.90	1.49	1.05	-	-
08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	1.35	1.08	1.10	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	1.01	-	1.11	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.14	-	-	-
14	-	-	-	1.09	1.04	1.06	1.29	1.01	-	-	1.00	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.23	1.42	1.14	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.27	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.26	1.47	1.17	-	-
18	-	-	-	1.06	1.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	1.00	1.09	1.25	1.20	1.37	1.17	1.02	-	-
21	-	-	1.03	1.30	1.52	1.33	1.11	1.17	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	1.27	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	1.18	1.33	1.42	1.44	1.47	1.21	-	1.40	1.02	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.07	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	-	-	-	1.39	-	1.19	1.21	1.28	1.06	-	-	-
33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	-	-	-	1.26	1.20	1.38	1.06	1.10	-	-	-	1.02	-	-	-
35	-	-	-	-	1.07	1.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.33	1.21	-	-	-
37	-	1.11	-	1.46	1.15	1.02	1.01	-	-	-	-	-	-	-	-
38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.08	1.05	-	-	-
39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

D A N K S A G U N G

Herrn Univ.-Doz. Dr. med. Dr. phil. U. J. JOVANOVIĆ, Universitäts-Nervenklinik Würzburg, danke ich für die Überlassung des Themas, die Anleitung bei der Durchführung der Versuche und für die Übernahme des Referates.

Herrn Dekan Prof. Dr. med. O. SCHRAPPE, Direktor der Universitäts-Nervenklinik und Poliklinik Würzburg, spreche ich meinen verbindlichsten Dank für die Übernahme des Korreferates aus.

Frau Dr. rer. net. I. HAUBITZ, Mitarbeiterin des Universitäts-Rechenzentrums Würzburg, danke ich für die engagierte mathematisch-statistische Betreuung und für Verständnis und Geduld bei der interdisziplinären Zusammenarbeit.

Frau G. STEINMETZ bin ich aufgrund ihrer tatkräftigen und unermüdlichen Mithilfe bei der Datenübertragung zu großem Dank verpflichtet.

Familie C. METZLER, Estenfeld, danke ich für die selbstlose und uneigennützige Unterstützung während meiner zahlreichen Arbeitsaufenthalte.

Frau B. BOLTE danke ich für die sorgfältige Ausführung der Schreibarbeiten.

F. LITERATURVERZEICHNIS

ARPS, G. F., KLEMM, O.: Der Verlauf der Aufmerksamkeit bei rhythmischen Reizen. Psycholo Studien Bd. IV (1909): 505-529.

ASCHOFF, J.: Der Tagesgang der Körpertemperatur beim Menschen. Klin. Wschr. (1955), 33: 545-551.

ASCHOFF, J.: Das circadiane System, Grundlagen der Tagesperiodik und ihre Bedeutung für die angewandte Physiologie und Klinik. Verh. Dtsch. Ges. inn. Med. (1973), 79: 19-31.

ASERINSKY, E., and KLEITMAN, N.: Eye Movements during Sleep. Fed. Proc. (1953a), 12: 6-7.

BJERNER, B., und SWENSSON, A.: Schichtarbeit und Rhythmus. Acta. Med. Scand. Suppl. (1953), 278: 102-107.

CAVALLERI, A., MONTALBETTI, N., and REINBERG, A.: Circadian Rhythms in Urinary Excretion of 17-Hydroxycorticosteroids, Dehydroepiand osterone, Androsterone and Etiocholanolone of Two Healthy Male Subjects. In: Scheving, L.E., Halberg, F., and Pauly, J.E.(Eds.): Chronobiology. Georg Thieme, Stuttgart, 1974, p. 108-111.

CURTIS, G.D., and MC EVOY, D.: Low Amplitude Infradian Cycles of Urinary 17-Hydroxycorticosteroid Excretion in a Healthy Male Subject. In: Scheving, L.E., Halberg, F., and Pauly, J.E. (Eds.) Chronobiology. G. Thieme, Stuttgart, 1974, p. 523-526.

DORN, K.: Physik, Oberstufe Ausgabe A. Herman Schroedel Verlag Hannover, 1967, S. 272-312.

ENGEL, P., HILDEBRANDT, G., und PÖLLMANN, L.: Die Wirkung von Schlafunterbrechung und Nachtarbeit auf die Frequenz- und Phasenkoordination von Herzschlag und Atmung während des Schlafes. In: Rutenfranz, J., und Singer, R. (Hrsg): Aktuelle Probleme der Arbeitsumwelt, Probleme der Nacht- und Schichtarbeit, Umgebungseinflüsse am Arbeitsplatz. Schriftenreihe: "Arbeitsmed. Sozmed. Arbeitshygiene", Bd. 38, S. 95-104. Gentner, Stuttgart, 1971.

ENGEL, P., HILDEBRANDT, G., und VOIGT, E.D.: Der Tagesgang der Phasenkopplung zwischen Herzschlag und Atmung in Ruhe und seine Beeinflussung durch dosierte Arbeitsbelastung. Int. Z. angew. Physiol. (1969), 27: 339-355.

ENGEL, W.S.: Die depressiven Wellen des Tages. Fortschr. Neurol. Psychiatr. (1957), 25: 342-354.

FAHRENBERG, J., und SELG, H.: Das Freiburger Persönlichkeitsinventar (FPI). Handanweisung. Verlag für Psychologie, Dr. Hogrefe, Göttingen, 1970.

FORSSMANN, W.G., und HEYM, Chr.: Grundriß der Neuroanatomie. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York (1974): 131-152.

GLASS, R.: Kritisches und Experimentelles über den Zeitsinn. Phil. Stud. (1888), Bd. IV: 423-456.

HALBERG, F., and LEE, J.K.: Glossary of Selected Chronobiologic Terms. In: Scheving, L.E., Halberg, F., and Pauly, J.E. (Eds.) Chronobiology. G. Thieme, Stuttgart, 1974, p. XXXVII-L-.

HAMPP, H.: Die tagesrhythmischen Schwankungen der Stimmung und des Antriebs bei gesunden Menschen. Arch. Psychiat. Nervenkr. (1961), 201: 355-377.

HELMHOLTZ v., H.: Die Dauer der Lichtempfindung. In: Handbuch der physiologischen Optik. Bd. II, 3.Aufl. Verlag von Voss (1910) Berlin-Leibniz. II: 172-191.

ITEL, T.M.: Quantitative Pharmaco Electroencephalography in the Discorvery of a New Group of Psychotropic Drugs. Dis.nerv. Syst. (1972), 33: 557-559.

JENKINS, G.M., and WATTS, D.G.: Spectral Analysis and Its Applications, (Holden-Day series intime series Analysis) Holden-Day (1968) San Francisco: p. 18 and 234-236.

JOVANOVIĆ, U.J.: Normal Sleep in Man. An experimental contribution to our knowledge of the phenomenology of sleep. Hippokrates-Verlag, Stuttgart, 1971.

JOVANOVIĆ, U. J.: Schlaf und Traum. Physiologische und psychologische Grundlagen, Störungen und ihre Behandlung. Fischer-Verlag, Stuttgart, 1974b.

JOVANOVIĆ, U. J.: Zur Methodik der Chronopsychologie. Bd. I und II Inaugural-Dissertation, Universität Würzburg, 1978.

JUNG, R.: Das Elektroencephalogramm und seine klinische Anwendung. I. Methodik der Ableitung, Registrierung und Deutung des EEG. Nervenarzt (1939), 12: 569-591.

JUNG, R.: Das Elektroencephalogramm und seine klinische Anwendung. II. Das EEG des Gesunden, seine Variationen und Veränderungen und deren Bedeutung für das pathologische EEG. Nervenarzt (1941), 14: 57-70, 104-117.

JUNG, R.: Neuropharmakologie, Zentrale Wirkungsmechanismen chemischer Substanzen und ihre neurophysiologischen Grundlagen. Klin. Wschr. (1958a), 36: 1153-1167.

JUNG, R.: Neurophysiologie und Psychiatrie. In: Psychiatrie der Gegenwart Bd. I/1A, Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer-Verlag (1967), 325-338.

KAISER, H.: 25 Jahre Cortison: Was bleibt? scripta medica merck (1975).

KEIDEL, W.D.: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie, 3.Aufl. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1972, 339-427 u. 467-524.

KEIL, G.: Vorstand des Instituts für Geschichte der Medizin der Universität Würzburg (Persönliche Korrespondenz) 1976, In: Zur Methodik der Chronopsychologie. Bd. I u. II, Inaugural-Dissertation, Universität Würzburg, 1978.

KRAEPELIN, E.: Psychiatrie. Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte. Barth, Leipzig, Vol. II, 1909.

LANGE, L.: Ein Chronograph nebst Controlapparat für sehr genaue Zeitmessungen. Phil. Stud. (1888), Bd. IV: 457-510.

LANGE, N.: Beiträge zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit und der aktiven Apperception. Phil. Stud. (1888), Bd. IV: 390-421.

LEHMANN, G.: Tagesrhythmik und Leistungsbereitschaft. Acta med. Scand. (1953), 278: 108-109.

MORUZZI, G.: The Sleep-Waking Cycle. In: Jouvet, M., and Moruzzi, G. (Eds.): Review of Physiology. Vol. 64. Neurophysiology and Neurochemistry of Sleep and Wakefulness. Springer, Berlin, 1972, P.

MORUZZI, G., and MAGOUN, H.W.: Brain Stem Reticular Formation and Activation of EEG. Electroenceph. clin. Neurophysiol. (1949), 1: 455-473.

NICHLOSON, P.J.: Algebraic Theory of Finite Fourier Transformation. Journ. Comp. Syst., Science (1971), 5: 524-547.

SALOW, P.: Beschreibung eines verbesserten Chronographen. Psychol. Stud. (1910) Bd. IV: 531-536.

SCHMIDT, R.F.: Grundriß der Sinnesphysiologie. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1973, 1-14, 94-135.

SCHUBERT, F.Chr.: Psychophysiologisches Schlafverhalten in differentieller Abhängigkeit von Stimmungslagen und Persönlichkeitsmerkmalen. Empirische Untersuchungen des Einschlafens und der I. Schlafperiode. Inaugural-Dissertation, Universität Würzburg, 1977.

SCHULTE, W., und TÖLLE, R.: Psychiatrie. 3. Aufl. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1976, 9-12.

SCHUY, S.: Technik als Schaltpult der Medizin. (Vortrag auf der 30. Van-Swieten-Tagung, Wien, 25.-30.10.76) Selecta-Verlag, Dr. med. Ildar Idris, 8033 Planegg
selecta 2 vom 10.10.77: 58-64.

SINZ, R. und STEBEL, J.: Minuten-Periodik der sensomotorischen Reaktionszeiten bei Menschen und Tieren. Acta Biol. Med.Germ. (1970a), 24: 917-920.

SINZ, R. und STEBEL, J.: Periodische Schwankungen in der Reproduktion kurzgespeicherter Gedächtnisinhalte. Naturwissenschaften (1970b), 57: 501-502.

SMIRNOW, W.J.: Lehrgang der höheren Mathematik, Teil II VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, DDR Berlin, 1975: 460-483.

STEBEL, J. und SINZ, R.: Periodische Reaktionszeitschwankungen beim Menschen. Naturwissenschaften (1970), 57: 501-502.

STEBEL, J., and SINZ, R.: On Central Nervous Minute-Periodicity and Its Coordination. J. Interdiscipl.Cycle Res. (1971a), 2: 63-72.

STEBEL, J. und SINZ, R.: Nachweis einer 2-Minuten-Periodik im zentralnervösen Kurzspeicher bei akustischer Informationseingabe. Acta Biol. Med. Germ. (1971b), 27: 585-594.

WALDMANN, H.: Zirkadianer Phasenwechsel bei der manisch-depressiven Krankheit. Fortschr. Neurol.Psychiat. (1969), 28: 369-382.

WALDMANN, H.: Zur Psychopathologie der Tagesschwankungen beim depressiven Syndrom. Arch. Psychiat. Nervenkr. (1970), 213: 383-396.

WEITZMANN, E.D., FUKUSHIMA, D., NOGEIRE, C., ROFFWARG, H., GALLAGHER, T.F., and HELLMAN, L.: Twenty-Four Hour Pattern of the Episodic Secretion of Cortisol in Normal Subjects. J. Clin. Endocrinol. Metab. (1971), 33: 14-22.

WEITZMANN, E.D., FUKUSHIMA, D., NOGEIRE, C., HELLMAN, L., SASSIN, J.F., PERLOW, M., and GALLAGHER, T.F.: Studies on Ultradian Rhythmicity in Human Sleep and Associated Neuro-Endocrine Rhythms. In: Scheving, L.E., Halberg, F., and Pauly, J.E. (Eds.): Chronobiology (Congress Proceedings), Georg Thieme Publisher, Stuttgart, 1974, pp. 503-505.

WUNDT, W.: Grundzüge der physiologischen Psychologie Bd. I und II. Leipzig Engelmann; 1893-1903.

WUNDT, W.: Philosophische Studien. Bd. I-IX, 12-20 Leipzig Engelmann, 1901-1910.

WUNDT, W.: Psychologische Studien. Bd. II. Leipzig Engelmann; 1902.

VOSS, v. G.: Über die Schwankungen der geistigen Arbeitsleistung beim Menschen. Psycholog. Stud. Bd. II: 399-499, Leipzig Engelmann (1899).

L E B E N S L A U F

Name	Schmidt
Vorname	Kurt, Christoph, Wilhelm
Geburtstag und -ort	25.09.1953 in Melsungen
Eltern	Werkmeister Wilhelm Schmidt und Hausfrau Karoline Schmidt, geb. Kruhm aus Melsungen Vater verstarb am 13.06.1953
1960 - 1964	Grundschule in Melsungen
1964 - 1969	Realschule in Melsungen
1969 - 1972	Geschwister-Scholl-Gymnasium in Melsungen (naturwissenschaftlicher Zweig)
6. Juni 1972	Abschluß mit der Allgemeinen Hochschulreife
1972 - 1973	Ableistung des Grundwehrdienstes
WS 1973/74	Beginn des Medizinstudiums an der Justus-Liebig-Universität in Gießen
August 1975	Ärztliche Vorprüfung
August 1976	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
März 1979	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
April 1979 - April 1980	Praktisches Jahr im akademischen Lehrkrankenhaus von Bad Hersfeld
April 1980	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Melsungen, den 25.5.80

Wilhelm Schmidt

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80